ББК 32.884.19
В80

СОДЕРЖАНИЕ

Составитель *В. Г. Борисов*

Рецензент *Н. Ф. Назаров*

В помощь радиолюбителю: Сборник. Вып. 91 /
В80 Сост. В. Г. Борисов.— М.: ДОСААФ, 1985.—
80 с., ил.

30 к.

Приведены описания конструкций, принципиальные схемы и методика расчета их некоторых узлов. Учтены интересы начинающих и квалифицированных радиолюбителей.
Для широкого круга радиолюбителей.

В $\frac{2402020000-063}{072(02)-85}$ 29—85 ББК 32.884.19 6Ф2.9

УЧЕБНЫМ ОРГАНИЗАЦИЯМ ДОСААФ

ИНДИКАТОРЫ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

В. Ринский

Во многих электротехнических и радиоэлектронных устройствах используются магниты и электромагниты различного назначения. Постоянные магниты применяются в динамических микрофонах и головках прямого излучения, электроизмерительных приборах магнитоэлектрической системы, микроэлектродвигателях, поляризованных реле и др. Переменные и пульсирующие магнитные поля создаются трансформаторами, дросселями, электромагнитными стабилизаторами напряжения, электродвигателями и реле переменного тока.

В практической деятельности людей, связанных с конструированием, эксплуатацией и ремонтом радиоаппаратуры, могут встречаться двоякого рода задачи по обнаружению и оценке значения магнитных полей. Это, во-первых, проверка магнитов, от которых зависит работоспособность радиоэлектронной аппаратуры. Например, качество записи и воспроизведения звука магнитофоном зависит от исправности магнитов электродинамического микрофона и динамических головок, чувствительность магнитоэлектрического прибора определяется магнитной индукцией в зазоре его измерительного механизма, в телевизоре цветного изображения статическое сведение лучей и чистота цветов обеспечиваются с помощью нескольких постоянных магнитов и т. д.

Во-вторых, при конструировании и эксплуатации радиоэлектронных устройств нередко требуется выявление и учет влияния магнитных полей рассеяния, нарушающих нормальную работу отдельных элементов и

аппаратуры в целом. Например, магнитное поле динамической головки может существенно снизить чувствительность радиоприемника с магнитной антенной, переменные поля трансформаторов питания искажают изображения в телевизорах и осциллографах, наводят фон переменного тока в усилителях и магнитофонах. В ряде случаев приходится прибегать к специальным мерам для ослабления помех, вызванных магнитными наводками: экранировать трансформаторы и дроссели, осциллографические электронно-лучевые трубки, цветные кинескопы, фотоэлектронные умножители, применять компенсационные элементы, антифонные катушки и т. п.

Промышленные приборы для измерения значений магнитных полей относительно мало распространены. В связи с этим на практике могут оказаться полезными описываемые здесь простые индикаторы магнитных полей.

Индикаторы постоянного поля

В индикаторе, собранном по схеме рис. 1, *а*, магниточувствительным элементом (датчиком) является геркон *SF1* с подвижным экраном, позволяющим частично ослаблять магнитное поле $\overline{H}$. Геркон присоединен гибкими проводниками с вилкой *XT1* на концах к индикаторной лампе накаливания *HL1* и батарее питания *GB1*. Под воздействием магнитного поля контакты геркона замыкаются, и лампа загорается. Можно также присоединить проводники от геркона к авометру любого типа, включенному как омметр на пределе $\Omega \times 1000$. В этом случае действие магнитного поля будет вызывать отклонение стрелки авометра.

Возможный вариант конструкции датчика такого индикатора показан на рис. 1, *б*. Геркон *5* с припаянными к его выводам соединительными проводниками *1* заключен в пластмассовую трубку *4* (например, от ненужной авторучки), по которой с небольшим трением перемещается экран *2*. Экраном служит тонкостенная трубка подходящего диаметра из магнитомягкой стали (например, корпус конденсатора КБГ-М), в которой сделано окно *3* соответственно размерам геркона. Порог срабатывания геркона и чувствительность к полю зависят от

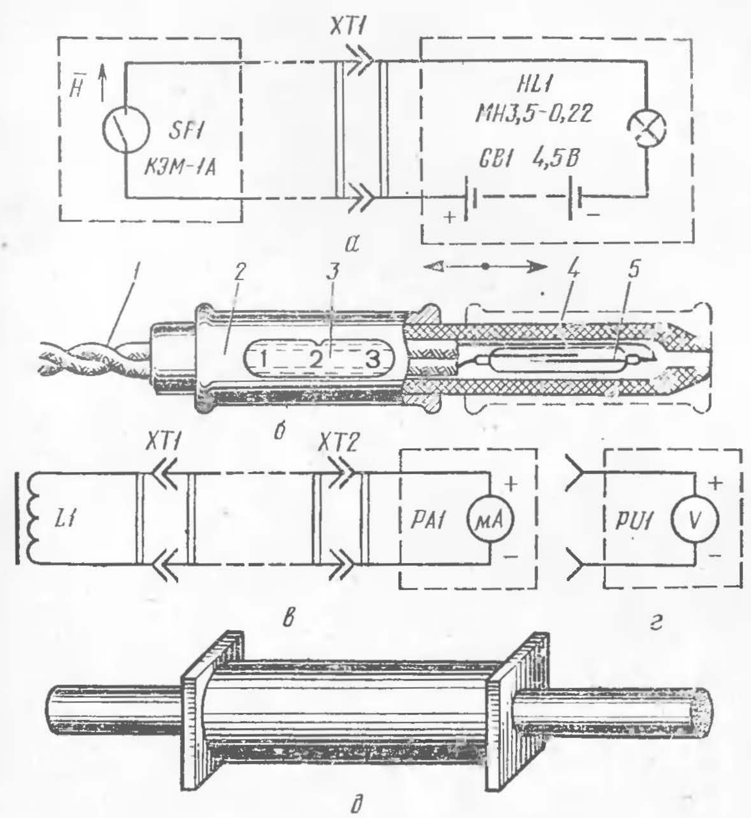


Рис. 1. Индикаторы постоянного поля

положения экрана, что позволяет снабдить индикатор простейшей шкалой *3*, оцифрованной в относительных единицах. Индикатор реагирует на поля, создаваемые динамическими головками прямого излучения, электроизмерительными приборами магнитоэлектрической системы и т. п., на расстоянии нескольких сантиметров.

Индикатор по схеме рис. 1, *в*, состоит из датчика поля — катушки *L1* с магнитопроводом-концентратором и микроамперметра *PA1* (авометра) или вольтметра *PU1* (рис. 1, *г*) на наименьшем пределе измерения. Датчик (рис. 1, *д*) представляет собой стержень из магнито-мягкого материала сечением 0,5...1,5 см² и длиной 10...15 см с каркасом, на котором намотано внавал 10 000...

15 000 витков провода ПЭВ-1 0,05...0,1. Можно использовать катушку с сердечником от реле РКН или РПН, удалив якорь и контактные пружины.

При перемещении (повороте) датчика относительно силовых линий магнитного поля возникающая в катушке ЭДС индукции вызывает кратковременный бросок стрелки авометра. Большей напряженности поля соответствует и большее отклонение стрелки.

Индикатор низкочастотных полей

Индикатор по схеме на рис. 2, *а* отличается от предыдущего включением в цепь датчика *L1* полупроводникового диода *VD1*. Индикатор обнаруживает поля рас-

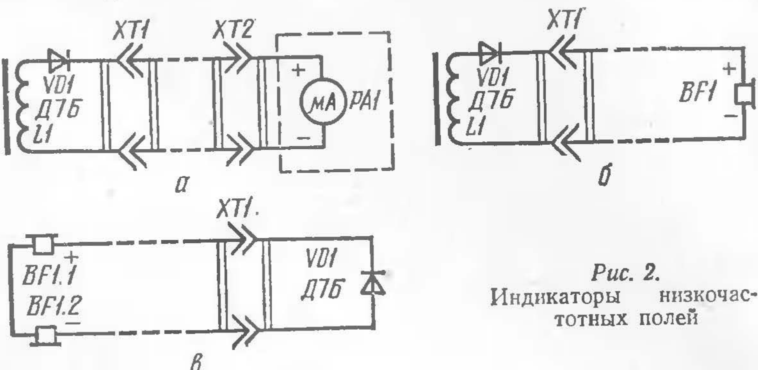


Рис. 2. Индикаторы низкочастотных полей

сеяния трансформаторов питания, электродвигателей и т. п. на расстоянии до 10 см и более. Еще чувствительнее устройство со звуковым индикатором (рис. 2, *б*) — головными телефонами *BF1* ТОН-2, ТОН-2А или другими высокоомными. Как известно, звукоотдача телефонов на низких частотах невелика, а чувствительность слуха — понижена. Однако наличие в цепи датчика диода *VD1* приводит к появлению гармоник основной частоты, что улучшает слышимость и, следовательно, чувствительность индикатора к полям технической частоты (50 Гц). Это позволяет с успехом использовать его для обнаружения и оценки полей рассеяния катушек и даже одиночных проводников, по которым протекают токи силой около нескольких ампер, например в цепях питания нитей накала радиоламп. Возможно также использование индикатора для обнаружения скрытой в стенах электро- или радиопроводки.

В предельно упрощенном устройстве, выполненном по схеме на рис. 2, *в*, один из излучателей высокоомного головного телефона *BF1.1*, снятый с оголовья и освобожденный от амбушюра и мембраны, используется в качестве датчика переменного магнитного поля, а другой излучатель (*BF1.2*) является звуковым индикатором. Диод *VD1* присоединен к штепсельной вилке *XT1* телефонов. Чувствительность этого индикатора меньше чем предыдущего.

ИНДИКАТОРЫ ПОЛЕЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ

Индикатор магнитного поля ультразвуковой частоты может быть выполнен по схеме рис. 2, *а*, если применить в нем катушку *L1* с ферритовым сердечником. Катушка должна содержать несколько десятков или сотен витков, намотанных на стержне диаметром 8...10 и длиной 100... 200 мм из феррита марки М400НН или М600НН. Возможно также использование Г-образных или П-образных сердечников.

В телевизорах магнитные поля ультразвуковой частоты (15 625 Гц) создаются выходными трансформаторами строчной развертки, строчными катушками отклоняющей системы, катушками регуляторов линейности и размера строк, а в телевизорах цветного изображения — катушками блока динамического сведения лучей кинескопа. Ориентировочная оценка исправности таких деталей возможна путем сравнения их полей рассеяния с аналогичными в заведомо исправных телевизорах. Для этого пригоден индикатор, смонтированный по схеме на рис. 3, *а*. Он содержит датчик — катушку *L1* с ферритовым сердечником, который служит магнитопроводом-концентратором, и миниатюрную лампу накаливания *HL1*. Можно использовать и менее чувствительную лампу накаливания, включив ее по схеме рис. 3, *б*. В этом случае катушка-датчик *L1*, конденсатор *C1* и лампа *HL1* образуют последовательный колебательный контур, в котором возникает резонанс напряжений на частоте строчной развертки.

Конструкция такого индикатора показана на рис. 3, *в*. Катушка *3* содержит 50 витков провода ПЭВ-1

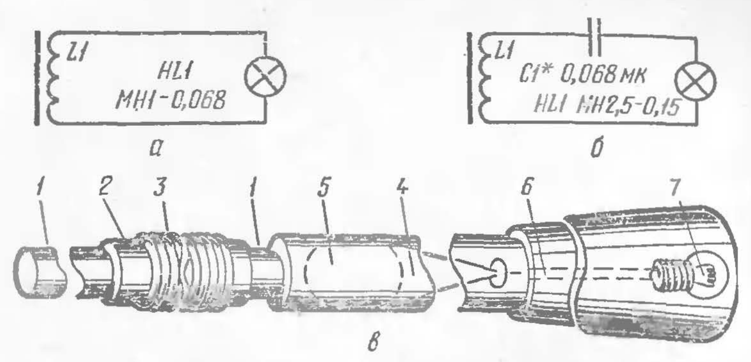


Рис. 3. Индикаторы магнитного поля ультразвуковой частоты (*а, б*) и конструкция датчика (*в*)

0,23...0,31, намотанных в один слой на бумажной гильзе *2*, которая может перемещаться вдоль стержня *1* диаметром 10 и длиной 200 мм из феррита марки М400НН или М600НН. Стержень закреплен в картонной или пластмассовой (но не металлической!) трубке *4* длиной 200...300 мм, на которой может быть также конденсатор *5* МБМ или БМ. Трубка вставлена в пластмассовую или деревянную ручку *6* (например, от ненужного электропаяльника). В отверстии ручки укреплена лампа накаливания *7*. Оптимальное положение гильзы *2* находят, приставив стержень *1* торцом к магнитопроводу выходного трансформатора строчной развертки работающего телевизора, по максимальной яркости свечения лампы *7*, после чего фиксируют гильзу лаком или клеем.

При оценке с помощью индикатора неисправностей в телевизорах следует учесть, что поле рассеяния строчного трансформатора ослабевает при наличии междувитковых замыканий в регуляторах размера и линейности строк или в строчных отклоняющих катушках и особенно — при пробое конденсатора вольтодобавки. В случае же замыкания в обмотках самого трансформатора его поле рассеяния вообще не обнаруживается. При наличии короткозамкнутых витков в строчных отклоняющих катушках их поле ослабевает, а если расколот ферритовый сердечник отклоняющей системы — оно может возрасти в месте расположения трещины.

Индикаторы полей радиочастоты

Индикатор магнитной составляющей поля радиочастоты (рис. 4) представляет собой ненастраиваемый широкополосный приемник прямого усиления с катушкой *L1* (магнитной антенной *WA1*) на диапазоны ДВ и СВ и катушкой *L2* диапазона КВ, которые соединены, соответственно, с детекторами на диодах *VD1* и *VD2*. Кроме основной функции диоды также являются разделительными, устраняя взаимное влияние катушек *L1* и *L2*. Постоянная составляющая тока детекторов усиливается транзисторами *VT1* и *VT2*. При этом сопротивление участка коллектор — эмиттер транзистора *VT2* оказывается зависящим от напряженности поля, что позволяет выполнить индикатор в виде приставки к авометру *PR1*, включенному на пределе измерения Ω×1000. При измерении необходимо соблюдать указанную на схеме полярность напряжения на гнездах *XT2* авометра, которую легко определить, подключив к ним любой полупроводниковый диод.

Диоды *VD1* и *VD2* (Д2Б — Д2Ж) — любые точечные германиевые (но не кремниевые!). Дело в том, что контактная разность потенциалов, возникающая на границе *p-n* перехода в легированном германии, значительно меньше чем в кремнии. Поэтому прямой ток в несколько миллиампер протекает через германиевый диод уже при напряжении 0,2...0,3 В, а через кремниевый — лишь при 0,8...0,9 В. Следовательно, индикатор с германиевыми диодами более чувствителен.

Это свойство присуще не только полупроводниковым диодам, но также и *p-n* переходам транзисторов. Поэтому для повышения чувствительности индикатора кремниевый транзистор *VT1* можно заменить германиевым, например серий МП37 — МП38.

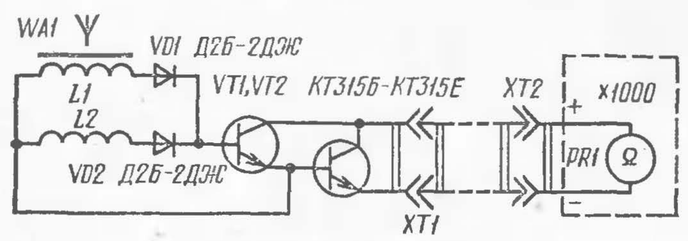


Рис. 4. Индикатор поля радиочастоты

2 Зак. 1889

Данные катушек *L1* и *L2* выбирают в зависимости от требуемого диапазона радиочастот. Катушка *L1* может состоять из 100...150 витков однослойной намотки проводом ПЭВ-1 0,23...0,31, продолжением которой служат две-три секции по 100...150 витков провода ПЭВ-1 0,12...0,18, намотанные внавал в том же направлении на стержне диаметром 8...10 и длиной 100...200 мм из феррита марки М400НН или М600НН. Такое выполнение магнитной антенны уменьшает собственную распределенную емкость катушки *L1*, что способствует расширению полосы пропускания входной цепи индикатора. Катушка *L2* может содержать 20...40 витков провода ПЭВ-1 0,64...0,8, намотанных однослойно на картонном или пластмассовом каркасе диаметром 10...20 мм. Приведенные числа витков катушек являются ориентировочными и корректируются в зависимости от размеров применяемых ферритовых стержней и каркасов. Лучше всего это делать, поместив индикатор в поле рамки, соединенной с выходом генератора радиочастоты (аналогично известному методу регулировки приемников с магнитными антеннами). При отсутствии генератора индикатор налаживают, связывая его с катушками контура гетеродина вспомогательного радиоприемника на соответствующих диапазонах.

Литература

Волин М. П. Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре.— М.: Советское радио, 1972.
Луканин В. Волномерная приставка к авометру.— Радио, 1972, № 9.
Ринский В. Индикатор магнитных полей рассеяния.— Радио, 1968, № 4.
Ринский В. Магнитометр.— Радио, 1970, № 9.
Рязанцев Г. и др. Герконы.— Радио, 1970, № 9.
Сергеев В. Г., Шихин А. Я. Магнитоизмерительные приборы и установки.— М.: Энергоиздат, 1982.
Чечурина Е. Н. Приборы для измерения магнитных величин.— М.: Энергия, 1969.

БЛОК ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТИ НА 4096 БИТ

В. Горбатый (UB5WCC)

Предлагаемый блок предназначен для совместной работы с клавиатурным датчиком, электронным ключом или любым другим устройством, формирующим код Морзе и синхронизированным тактовым импульсом. Он позволяет производить запись или считывание информации (телеграфного кода Морзе) со скоростью от 30 до 1000 знаков в минуту (скорость определяется частотой тактовых импульсов). Объем оперативной памяти — 4096 бит (около 320 знаков). Блок также формирует паузы между знаками, концом и началом считывания информации.

Блок оперативной памяти, схема которого показана на рис. 1, состоит из узла памяти (микросхемы *DS1 — DS4*), двенадцатиразрядного адресного делителя (микросхемы *DD6 — DD8*), формирователя паузы между знаками (элементы *DD1, DD2.1, DD2.2*), формирователя паузы в конце записи (микросхема *DD9*), дешифратора (микросхема *DD5*, элементы *DD10.1, DD10.2*), ждущего мультивибратора (элементы *DD3.2, DD3.3*). Остальные микросхемы участвуют в управлении режимами работы блока и формировании входного и выходного сигналов.

На входы блока подают три сигнала: телеграфный код (штепсель *XP3*), тактовый импульс (штепсель *XP2*) и строб 1 (штепсель *XP1*). Для осуществления записи информации в оперативную память сначала кнопкой *SB3* «Сброс» устанавливают в исходное состояние адресный делитель на микросхемах *DD6 — DD8*. Затем нажимают кнопку *SB2* «Запись». При этом на вход элементов *DD2.3* и *DD4.1* подается сигнал логического 0. Сигнал логической 1, поступивший на вход *10* элемента *DD2.4*, разрешает проход тактового импульса на входы элемента *DD3.1*.

Запуск ждущего мультивибратора осуществляется тактовым импульсом, поступившим с выхода *3* элемента *DD3.1*. Длительность сформированного тактового импульса зависит от емкости конденсатора *C3* и сопротивления резистора *R5*. С выхода элемента *DD3.3* сформированные тактовые импульсы поступают на входы *14* микросхем *DD6* и *DD9* и вход *5* элемента *DD4.2*. Первые

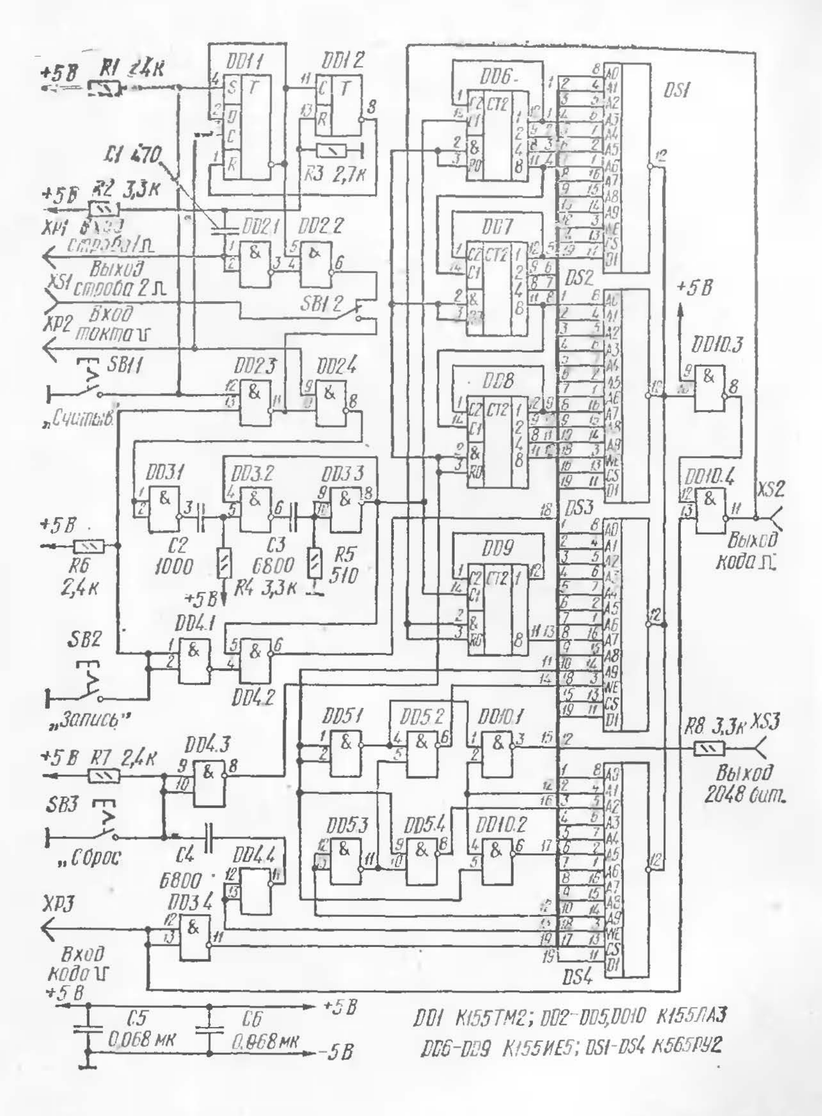


Рис. 1. Принципиальная схема блока оперативной памяти для тренажера радиотелеграфиста

десять выходов адресного делителя соответственно соединены с адресными входами микросхем *DS1 — DS4*. С выхода *6* элемента *DD4.2* сигнал записи поступает на входы *3* микросхем *DS1 — DS4*. На входы *11* микросхем памяти через элемент *DD3.4* поступает информация (телеграфный код). Запись информации осуществляется в ту микросхему памяти, на которой на входе *13* имеется логический 0. Запись информации осуществляется поочередно в каждую микросхему памяти. Работой микросхем памяти управляет дешифратор, собранный на микросхеме *DD5* и элементах *DD10.1, DD10.2*. Если на выходах *8* и *11* микросхемы *DD8* имеются логические 0, то запись осуществляется микросхемой *DS1* потому, что на ее вход *13* поступает потенциал логического 0. Если на выходе *8* микросхемы *DD8* имеется логическая 1 и на выходе *11* — логический 0, то запись осуществляется микросхемой *DS2*, потому что на ее вход *13* поступает логический 0 с выхода *8* элемента *DD5.4* и т. д. Таким образом используя сигналы 11 и 12 разрядов адресного делителя, дешифратор управляет поочередной работой микросхем памяти.

Формирователь паузы собран на элементах *DD1.1, DD1.2, DD2.1* и *DD2.2*. На его вход (*XP1*) подается положительный импульс (строб *1*), длительность которого равна времени формирования знака. Этот импульс инвертируется и подается на вход *4* элемента *DD2.2*. На вход *5* этого же элемента подается второй импульс, задержанный относительно первого по времени. Он формируется триггерами *DD1.1* и *DD1.2* из тактовых импульсов. Таким образом на выходе *6* элемента *DD2.2* формируется строб 2, длительность которого равна сумме длительности строба 1 и длительности паузы между знаками. Строб 2 через контакты секции *SB1.2* кнопки *SB1* поступает на выход блока (гнездо *XS1*).

Этот строб используется в клавиатурном датчике для разрешения прохода тактового импульса на блок оперативной памяти. При отсутствии тактового импульса запись информации в ячейки памяти микросхемами *DS1 — DS4* не производится. Это позволяет производить запись знаков с большим интервалом времени, а при считывании этой же информации будет автоматически формироваться пауза между знаками, соответствующая длительности тире.

Таким образом описываемое устройство формирует паузы между знаками и при этом рационально используются ячейки памяти микросхем *DS1 — DS4*.

Для осуществления считывания информации необходимо нажать кнопку *SB1* «Считыв.». При нажатии и отжатии кнопки *SB3* «Сброс» считывание информации производится с начала записи. В режиме «Считыв.» тактовый импульс поступает на входы *14* микросхем *DD6* и *DD9*, а на входы *3* микросхем *DS1 — DS4* поступает сигнал логической 1, который обеспечивает режим работы «Считыв.» в микросхемах памяти. С выходов *12* микросхем *DS1 — DS4* информация поступает на логические элементы *DD10.3* и *DD10.4*. Если на входах *2* и *3* микросхемы *DD9* отсутствует телеграфный код на протяжении 8 тактов, то на выходе *11* этой же микросхемы формируется импульс сброса триггеров адресного делителя в исходное состояние. Таким образом считывать информацию, записанную в памяти микросхем *DS1 — DS4*, можно много раз.

Стирание информации в ячейках памяти этих микросхем осуществляется при повторной записи или выключении напряжения питания.

Сигнал, поступающий на гнездо *XS3*, используется в клавиатурном датчике для организации световой сигнализации об окончании памяти емкостью 2048 бит.

Налаживание блока оперативной памяти начинают при отключенном формирователе паузы между знаками (отключают провод от выхода *6* элемента *DD2.2* и подают на штепсель *XP2* тактовый импульс). При нажатой кнопке *SB2* «Запись» с помощью осциллографа проверяют наличие импульсов на выходе *8* элемента *DD2.4*, выходе *3* элемента *DD3.1*, выходе *8* элемента *DD3.3*, выходе *6* элемента *DD4.2*, входах *14* микросхем *DD6, DD9* и входах *3* микросхем *DS1 — DS4*. Затем проверяют работу адресного делителя и наличие сигналов на адресных входах *A0 — A9* микросхем *DS1 — DS4*.

Работу дешифратора проверяют следующим образом. Если на выходах *8* и *11* микросхемы *DD8* логические 0, то на входе *13* микросхемы *DS1* также должен быть логический 0, а на входах *13* микросхем *DS2 — DS4* — логическая 1. В дальнейшем при появлении логической 1 на входе *13* микросхемы *DS1* должен появиться логический 0 на входе *13* микросхемы *DS2* и т. д. При выполнении описанных условий и при подаче на выходы *11* микросхем *DS1 — DS4* информации будет производиться запись в ячейки памяти.

В режиме «Считыв.» проверяют наличие логической 1 на входах *3* микросхем *DS1 — DS4* и наличие информации на гнезде *XS2* «Выход кода». На заключительном этапе настройки блока подключают формирователь паузы между знаками и наблюдают пачки импульсов (тактовых) на выходе элемента *DD3.1* в режиме «Запись». При считывании информации наблюдают на гнезде *XS2* по осциллографу длительность точки, тире, паузы между импульсами знака и паузы между знаками.

Блок оперативной памяти может работать совместно с тренажером, описание которого опубликовано в выпуске № 82 сборника «В помощь радиолюбителю».

Вначале блок оперативной памяти тренажера (см. рис. 4 на с. 16 ВРЛ № 82) отключают. Затем к нему подключают описанный здесь блок памяти: штепсели *XP1, XP2* и гнездо *XS1* соединяют соответственно с выводом *8* микросхемы *D4*, с выводом *8* элемента *D11.1* и с выводом *13* элемента *D11.1* формирователя кода (см. рис. 3), а штепсель *XP3* и гнезда *XS2, XS3* соединяют соответственно с выводом *8* элемента *D3.3*, с выводами *9* и *10* элемента *D3.3* и штепселем *X2* имитатора помех (см. рис. 5).

Работу тренажера проверяют во всех режимах с помощью осциллографа, подключенного к гнезду *X8* или *X7* имитатора помех, предварительно изучив его принцип работы по материалам настоящей статьи и статьи «Тренажер радиотелеграфиста».

ДЛЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

ВОЛЬТМЕТР-ИНДИКАТОР БОРТОВОЙ СЕТИ АВТОМОБИЛЯ

П. Алексеев

Контроль напряжения бортовой электросети автомобиля можно осуществить, установив в автомобиле вольтметр для оценки заряженности аккумуляторной батареи, работы генератора и реле-регулятора напряжения. При этом значимость его на автомобилях, имеющих амперметр («Москвич» всех типов), не ниже по сравнению

с автомобилями без амперметра («Жигули» всех моделей). Объясняется это тем, что амперметр показывает, заряжается ли аккумуляторная батарея или нет, идет ли расход энергии с генератора или батареи, но он не позволяет однозначно судить о состоянии батареи: заряжена она полностью (поэтому и нет тока зарядки), разряжена, но зарядки нет вследствие низкого напряжения генератора (нужна подстройка реле-регулятора) и т. д. Таким образом, вольтметр, не снижая достоинств амперметра, отдельно, а лучше в комплексе с ним, позволит поэтапно наблюдать за состоянием бортовой сети автомобиля до пуска двигателя, при работе на холостых, средних или повышенных оборотах.

Поскольку контролируемое напряжение бортовой сети может быть в пределах 12...15 В (или 10...15 В, в зависимости от необходимых пределов контроля), шкала стрелочного вольтметра для лучшей наглядности должна быть растянутой в этих пределах, иначе информативность прибора будет невелика. Кроме того, нужно учесть и сложность размещения (или встраивания в панель) этого прибора в салоне автомобиля.

Как показывает опыт, вполне достаточной информативностью обладает вольтметр-индикатор, выполненный на базе миниатюрных (сигнальных) ламп накаливания, прикрытых цветными светофильтрами. Принципиальная схема такого прибора приведена на рис. 1. Выбор диапазона контролируемого напряжения и деление его на участки зависит от желания конструктора. Автором был принят диапазон контролируемого напряжения 12 В и выше (практически до 15...16 В) с разбивкой его на участки, как показано на рис. 2. Участкам «Нет зарядки», «Норм. ток зарядки» и «Очень большой ток зарядки» соответствует горение ламп накаливания *HL1*, *HL2* и *HL3*. Эти лампы светятся при напряжениях в бортовой сети автомобиля 12...13,7 В, 13,2...14,6 В, 14,2 В и выше. В зонах перекрытия «Малый ток зарядки» и «Большой ток зарядки» светятся по две лампы, указывая на то, что напряжение в сети автомобиля находится в том или ином крайнем значении относительно нормального. Лампа *HL1* имеет оранжевый фильтр, *HL2* — зеленый, *HL3* — красный. Они расположены на лицевой панели прибора слева направо, обеспечивая удобство наблюдения за напряжением и его изменениями.

Вольтметр-индикатор состоит из трех измерительных

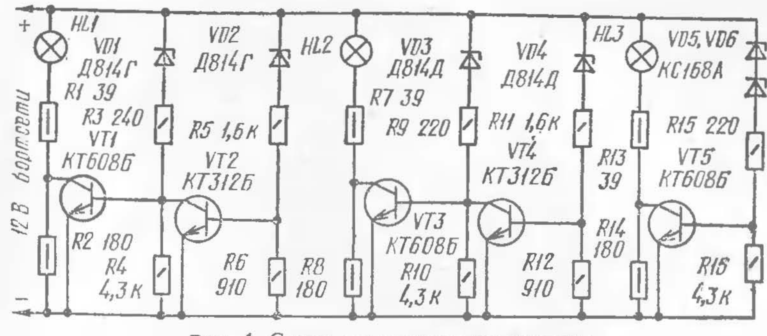


Рис. 1. Схема вольтметра-индикатора

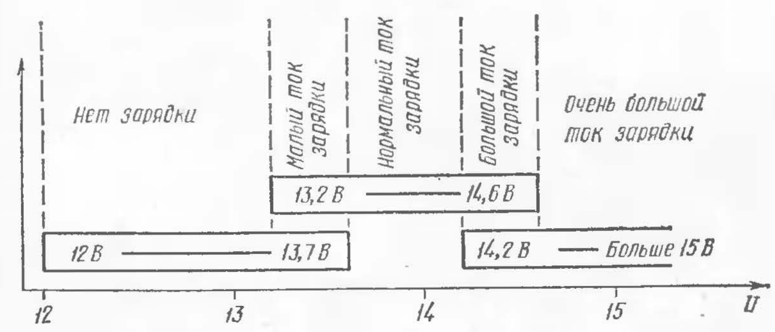


Рис. 2. Схема участков диапазона контролируемого напряжения

каскадов, каждый из которых соответствует одному из участков напряжения и управляет «своей» лампой. Измерительные каскады собраны по идентичным схемам (крайний правый для участка «14,2 В и больше» не полный) и отличаются только пороговыми напряжениями срабатывания.

Прибор работает следующим образом. При включении замка зажигания питание бортовой сети поступает на шину «+12 В», и если напряжение аккумуляторной батареи равно 12 В или выше, то ток, протекающий через открывшийся стабилитрон *VD1* и резисторы *R3* и *R4*, откроет транзистор *VT1*. При этом лампа *HL1*, включенная в цепь коллектора этого транзистора, получит питание и будет светиться. Если напряжение батареи ниже 12 В (она разряжена), лампа *HL1* светиться не будет. Она погаснет и при пуске двигателя автомобиля, если при работе стартера напряжение аккумуляторной

батареи станет ниже 12 В (обычно так и бывает). Другие лампы вольтметра-индикатора при этом не светятся потому, что напряжение открывания остальных стабилитронов больше напряжения открывания стабилитрона *VD1*.

При повышении напряжения бортовой сети до 13,2 В срабатывает второй измерительный каскад на стабилитроне *VD3* и транзисторе *VT3* и загорается лампа *HL2* (лампа *HL1* продолжает гореть). Дальнейшее повышение напряжения до 13,7 В приводит к открыванию стабилитрона *VD2* и транзистора *VT2* первого каскада, который шунтирует эмиттерный переход транзистора *VT1*, обеспечивая его закрывание и погасание лампы *HL1*. На лицевой панели вольтметра-индикатора в это время светится только лампа *HL2*.

При напряжении 14,2 В откроются стабилитроны *VD5*, *VD6* и транзистор *VT5* третьего измерительного каскада. Теперь загорится лампа *HL3* (лампа *HL2* продолжает гореть). Если напряжение бортовой сети достигнет 14,6 В, откроются стабилитрон *VD4* и транзистор *VT4* второго измерительного каскада, что приведет к закрыванию транзистора *VT3* и погасанию лампы *HL2*. На панели прибора остается светящейся только лампа *HL3*, которая будет гореть и при дальнейшем росте напряжения.

При уменьшении напряжения бортовой сети, например с 15 до 12 В, порядок переключения сигнальных ламп будет обратным.

Резисторы *R1*, *R7* и *R13* предохраняют транзисторы КТ608Б от перегрузки по коллекторному току при включении ламп *HL1* — *HL3*, когда сопротивление их холодных нитей накала составляет 10...20 Ом. Резисторы *R2*, *R8* и *R14* шунтируют транзисторы *VT1*, *VT3* и *VT5*, уменьшая протекающий через них ток в моменты переключения, когда на них рассеивается максимальная мощность. Шунтирующие резисторы позволяют транзисторам КТ608Б работать без теплоотводов, начальный же ток ламп (40...50 мА) подогревает нить накала очень слабо и не мешает наблюдению.

В качестве индикаторов *HL1* — *HL3* в приборе можно использовать лампы накаливания МН13-0,18 (13,5 В×0,18 А) или автомобильные 12 В×1 Св, яркость свечения которых достаточна для наблюдения в любых условиях.

Напряжение стабилизации стабилитрона *VD1* должно быть 11,2 В, *VD2* — 11,5 В, *VD3* — 12,2 В, *VD4* — 12,5 В. Суммарное напряжение стабилизации стабилитронов *VD5* и *VD6* необходимо подобрать равным 13,2 В.

При отсутствии возможности отбора стабилитронов требуемые пороги срабатывания измерительных каскадов можно получить изменением номиналов резисторов *R3*, *R5*, *R11*, *R15* или *R4*, *R6*, *R10*, *R12*, *R16*, а также подбором одновременно тех и других. Для снижения порога срабатывания транзисторов нужно уменьшать сопротивления резисторов *R3*, *R5*, *R9*, *R11*, *R15* или увеличивать — *R4*, *R6*, *R10*, *R12*, *R16* и наоборот. Практически уже при небольших изменениях сопротивлений этих резисторов удается изменить пороги срабатывания каскадов на 0,2...0,8 В.

Статический коэффициент передачи тока $h_{21э}$ транзисторов КТ608 (*VT1*, *VT3*, *VT5*) должен быть не менее 200. При меньшем коэффициенте $h_{21э}$ процесс открывания и закрывания этих транзисторов будет затягиваться до 0,3...0,4 В изменения входного напряжения, что нежелательно с точки зрения наглядности («вялое» переключение ламп) и точности измерения бортового напряжения.

К таким же результатам приводит и включение диодов в прямом направлении последовательно со стабилитронами (для облегчения подбора напряжения срабатывания измерительных каскадов). Это объясняется тем, что при малых базовых токах транзисторов диоды (кремниевые и германиевые) работают на плавно изгибающемся начальном участке прямой ветви вольтамперной характеристики, где рост тока при увеличении напряжения сравнительно невелик.

Коэффициент $h_{21э}$ транзисторов КТ312Б (*VT2*, *VT4*) или заменяющих их транзисторов КТ315 может быть 50...80. В случае использования транзисторов серии КТ312 с коэффициентом $h_{21э}$ более 100...150 в моменты переключения измерительных каскадов может возникнуть колебательный процесс, при котором лампы *HL1* или *HL2* будут мигать с частотой 3...5 Гц. Устранить это явление можно включением между базой и коллектором транзисторов *VT2*, *VT4* конденсатора емкостью 0,01 мкФ. Конденсаторами таких же емкостей можно зашунтировать участки эмиттер-коллектор транзисторов *VT1*, *VT3*, *VT5*. Но делать это необязательно (даже лучше не

делать), поскольку самовозбуждение возникает при незначительном изменении напряжения бортовой сети (0,03...0,05 В) и, кроме того, оно очень хорошо информирует о том, что напряжение сети находится на границе перехода с одного измерительного участка на другой.

Работоспособность вольтметра-индикатора и точность измерения границ интервалов проверяют по схеме

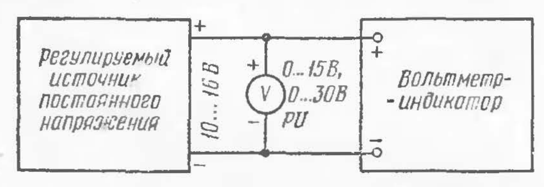


Рис. 3. Схема проверки прибора

рис. 3, используя регулируемый источник постоянного напряжения (от 10 до 16 В) с допустимым током нагрузки 300 мА и вольтметр. Медленно повышая напряжение от 10 до 15...16 В и наблюдая за загоранием и погасанием ламп, проверяют границы участков работы индикаторов. В случае несоответствия этих границ (см. рис. 2), что может быть в пределах 0,2...0,5 В из-за разброса параметров стабилитронов и транзисторов, или при желании изменения этих границ стабилитроны заменяют на другие, имеющие соответствующее напряжение стабилизации.

Конструкция прибора произвольная. Автор, например, смонтировал его в пластмассовой коробке размерами 35×75×90 мм. На лицевой стенке (35×75 мм) размещены три фонаря (с оранжевым, зеленым и красным светофильтрами). Коробка установлена (предварительно подогнана по месту) под приборной доской (левее рулевой колонки) автомобиля «Москвич-408».

Неплохо выглядит конструкция, если на лицевой стенке коробки вырезать щель (6×50 мм) и прикрыть ее полоской матового стекла, обрамленного декоративной рамкой. Под стеклом устанавливают плоские цветные фильтры и индикаторные лампы *HL1* — *HL3*. Для устранения подсветки лампами «не своих» цветофильтров в соответствующих местах щели следует укрепить перегородки.

Вольтметр-индикатор с неменьшим успехом может быть применен на грузовых автомобилях любых типов и автобусах. При напряжении бортовой сети автомобиля 24 В в прибор необходимо внести следующие изменения:

в качестве индикаторов *HL1* — *HL3* установить лампы МН26-0,12 (26 В×0,12 А) или МН36-0,12 (36 В××0,12 А);

стабилитроны серии Д814 заменить стабилитронами КС524Г и КС527А (возможно последовательное включение других стабилитронов);

сопротивление резисторов *R1, R7* и *R13* увеличить до 100...120 Ом, а резисторы *R2, R8* и *R14* исключить.

В 24-вольтовом вольтметре-индикаторе могут быть использованы транзисторы КТ608Б и КТ312Б (КТ315Г, Е, В, Д).

Источник регулируемого напряжения (см. рис. 3) должен иметь пределы регулировки 20...30 В. Разбивку диапазона контроля напряжения (см. рис. 2) производят на основе технических условий эксплуатации аккумуляторных батарей и электрооборудования автомобилей.

МАЛОГАБАРИТНЫЙ СИГНАЛИЗАТОР РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ СО СВЕТОВОЙ ИНДИКАЦИЕЙ

В. Довженко, Ю. Судаков

Прибор реагирует на изменение ионизирующего излучения в окружающем человека пространстве путем увеличения или уменьшения числа световых вспышек в единицу времени, например в минуту. Он чувствителен к космическому радиационному фону, предупреждает человека об изменении радиационной обстановки в данной местности и может найти применение, например в качестве индикатора уровня концентрации радиоактивных элементов, содержащихся в материалах. Может быть полезен геологам, командирам штабов гражданской обороны, обслуживающему персоналу в радиологических учреждениях, при производстве работ, связанных с неразрешающим контролем качества материалов при помощи источников ионизирующего излучения в условиях повышенного шума, когда звуковые сигнализаторы малоэффективны. Полезен и тем, кто занимается изучением и охраной природы.

Принципиальная схема прибора показана на рис. 1. Его основой служит счетчик элементарных частиц Гейгера-Мюллера *BH1* типа СБМ-21 (или СБМ-10). Для нормальной работы счетчика разработан экономичный

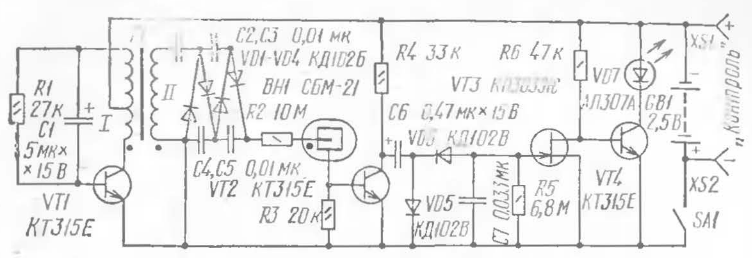


Рис. 1. Принципиальная схема прибора

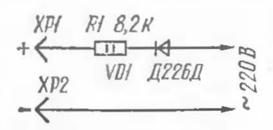


Рис. 2. Выпрямитель для подзарядки батареи

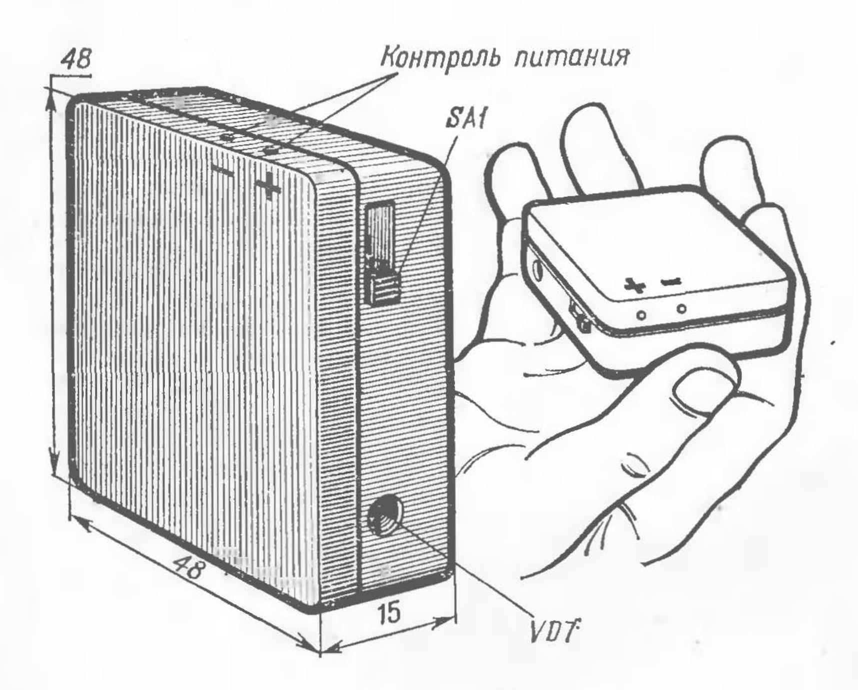


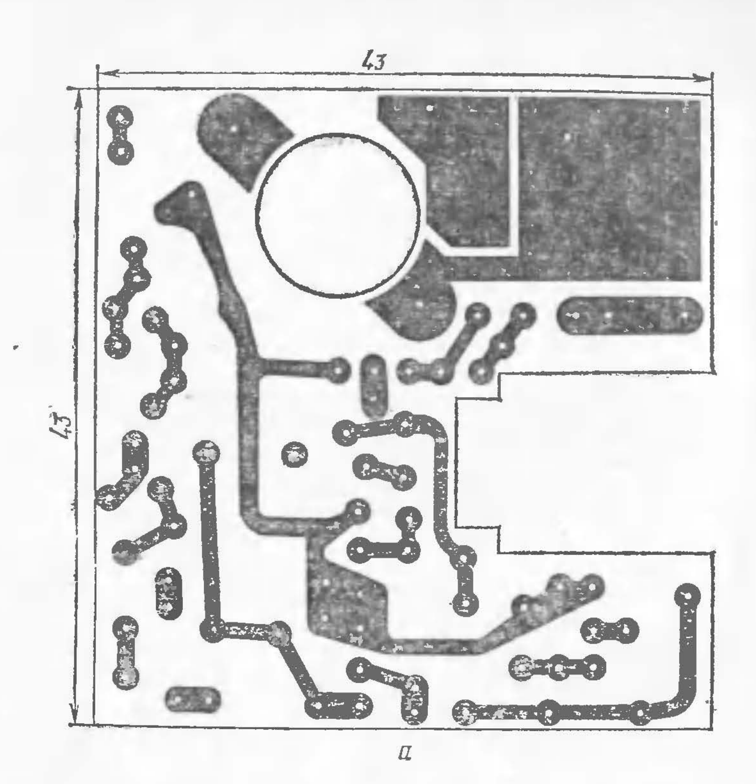
Рис. 3. Конструкция прибора.

преобразователь постоянного напряжения 2,5 В (*GB1*) в низкочастотное импульсное напряжение 400 В. Преобразователь состоит из задающего генератора на транзисторе *VT1* и умножителя напряжения на диодах *VD1* — *VD4* и конденсаторах *C2* — *C5*. Частота генератора составляет несколько герц и зависит от емкости конденсатора *C1* и сопротивления резистора *R1*. Амплитуда импульсов на вторичной обмотке трансформатора *T1* достигает 100 В, а на выходе умножителя напряжения — 400 В.

В исходном состоянии (при включенном питании) транзистор *VT2* закрыт, конденсатор *C6* заряжается практически до напряжения источника питания. В это время диод *VD6* закрыт, напряжение на затворе полевого транзистора *VT3* равно нулю, в результате сопротивление его канала минимальное и транзистор *VT4* надежно закрыт. Таким образом, ток, потребляемый сигнализатором в ждущем режиме (ждущем поступления элементарных частиц) определяется в основном средним током генератора высоковольтного напряжения и составляет 0,5...0,8 мА.

При попадании элементарных частиц в газоразрядный счетчик *BH1* происходит ионизация газа, и между электродами возникает ток. В результате транзистор *VT2* открывается и конденсатор *C6* разряжается через него и цепь *C7, R5, R3*. В процессе разрядки конденсатора *C6* заряжается конденсатор *C7*, в результате на затворе транзистора *VT3* оказывается отрицательный потенциал и его канал сток — исток закрывается. Это ведет к открыванию транзистора *VT4* — и через светодиод *VD7* начинает идти ток силой 3...5 мА. По мере разрядки конденсатора *C7* транзистор *VT3* открывается, транзистор *VT4* закрывается и светодиод гаснет. Число световых вспышек светодиода характеризует интенсивность потока элементарных частиц.

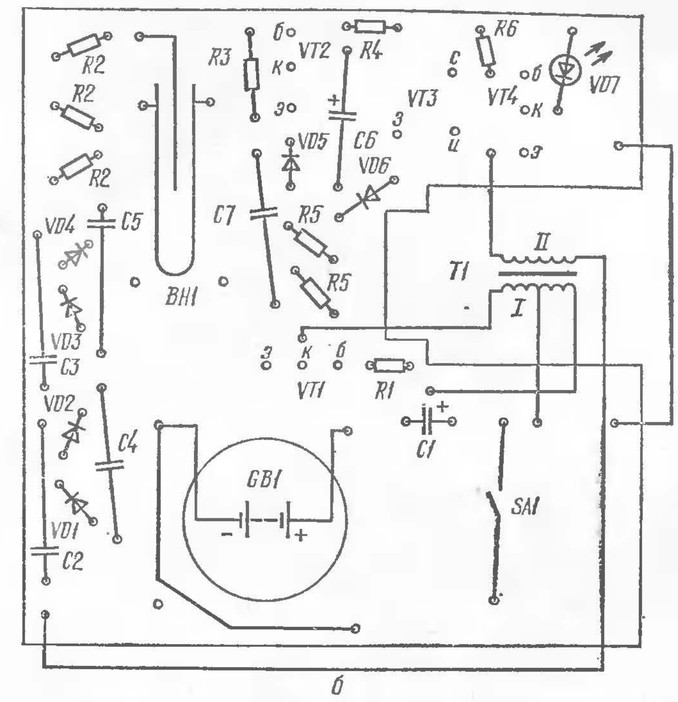
Питается прибор от двух аккумуляторов Д-0,06, соединенных последовательно. Гнезда *XS1* и *XS2* служат для контроля напряжения источника питания как под нагрузкой, так и без нагрузки (при разомкнутых контактах выключателя *SA1*), а также для подзарядки батареи аккумуляторов. Эксплуатировать сигнализатор рекомендуется до разрядки аккумуляторной батареи до напряжения не ниже 2 В. Для подзарядки батареи можно использовать зарядное устройство ЗУ-3, выпус-



а

каемое промышленностью или собранное по схеме, приведенной на рис. 2.

Сигнализатор собран в футляре размерами 48×48×15 мм, склеенном из листового органического стекла (рис. 3). Детали смонтированы на печатной плате размерами 43×43 мм из фольгированного стеклотекстолита (рис. 4). Крепление аккумуляторной батареи на плате показано на рис. 5. Полюсными контактами служат две пластины *1* из пружинящей бронзы. Изолирующее кольцо *2* сделано из полоски полиэтиленовой пленки, свернутой в несколько слоев и прогретой в стыках. Штырьки *3*, которыми скрепляют аккумуляторы, сделаны из отрезков медного провода диаметром 0,5 мм, луженных по концам. Кольцо *2* плотно надевают на соединенные последовательно аккумуляторы. Затем нижние концы штырьков *3* припаивают к токонесущим проводникам платы, а верхние вставляют в отверстия, просвер-



б

Рис. 4. Печатная плата (*а*) и схема соединения деталей (*б*) на ней

ленные в верхней пластине *1* сверлом диаметром 0,6 мм. После этого верхние концы штырьков *3* загибают под углом 90°.

Статический коэффициент передачи тока транзисторов *VT1* и *VT2* должен быть 120...170, транзистора *VT4* — 75...120. Полевой транзистор КП303Ж (*VT3*) подбирают с начальным током стока 0,5...1 мА и напряжением отсечки 0,3...1 В. Конденсаторы *C2* — *C5* и *C7* — КМ, *C1* — К50-6, *C6* — К53-1. Выключатель питания *SA1* ПД-2 или АК-5.

Трансформатор *T1* самодельный. Для него использован магнитопровод броневого типа из пластин пермаллоя площадью сечения 18 мм² (Ш3, толщина набора 6 мм). Обмотка *I* содержит 300 витков провода ПЭВ-1 0,08 с отводом от 100-го витка, обмотка *II* — 6500 витков провода ПЭВ-1 0,04. Пластины магнитопровода собраны вперекрышку.

3 Зак. 1889

Можно использовать магнитопровод с площадью сечения 16 мм (Ш4×4). В этом случае обмотка *I* трансформатора должна содержать 105 витков провода ПЭВ-1 0,05 с отводом от 35-го витка, обмотка *II* — 3700 витков провода ПЭВ-1 0,03.

Правильно смонтированный сигнализатор работает без дополнительной настройки. Напряжение генератора

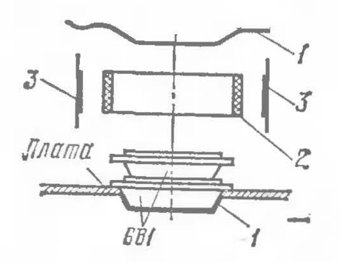


Рис. 5. Крепление аккумуляторной батареи

можно регулировать подбором резистора *R1*. Входное сопротивление вольтметра для измерения напряжения на высоковольтном электроде счетчика *BH1* и элементах умножения напряжения преобразователя должно быть не менее 500 МОм.

РАДИОПРИЕМ, ЗВУКОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ

МИНИАТЮРНЫЙ ПРИЕМНИК НА МИКРОСХЕМЕ К157УД2

В. Самелюк

При конструировании миниатюрных приемников важным вопросом является выбор источника питания, который часто занимает значительный объем. Обычно применяют малогабаритный аккумулятор или гальванический элемент с начальным напряжением 1,25...1,5 В.

Из-за низкого напряжения источника питания приемника в качестве активных элементов применяют транзисторы. Для улучшения качественных параметров таких приемников и повышения их экономичности производят предварительное макетирование, подгонку режимов работы транзисторов.

Малогабаритные приемники на интегральных микросхемах, как правило, не нуждаются в предварительном

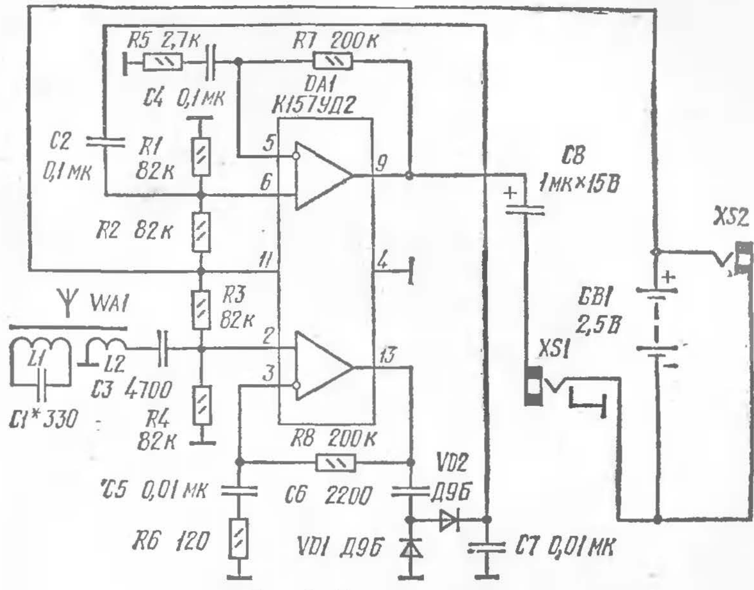


Рис. 1. Схема приемника

макетировании, что делает их менее трудоемкими в монтаже и настройке, но их габариты возрастают из-за необходимости применения источников питания с более высоким напряжением — 6...9 В. Микросхема К157УД2 позволила собрать приемник, который не нуждается в предварительном макетировании и питается от источника напряжением 2,5 В, причем его работоспособность сохраняется при снижении напряжения до 2 В. Потребляемый ток не превышает 3 мА.

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 1. Используемая в нем микросхема К157УД2 содержит в одном корпусе два операционных усилителя (справочные данные на нее приведены в «Радио», 1981, № 5—6, с. 73). Несмотря на то что эта микросхема предназначается для низкочастотных устройств, она неплохо работает в приемнике прямого усиления, рассчитанном на диапазоны средних и длинных волн.

Приемник содержит: входные цепи, усилитель радиочастоты, диодный детектор, усилитель колебаний звуковой частоты. Входные цепи приемника образуют магнитная антенна *WA1* и катушка связи ее с усилителем

радиочастоты. Сигнал радиостанции, выделенный колебательным контуром *L1C1*, через катушку связи *L2* и конденсатор *C3* поступает на вход усилителя радиочастоты, в котором работает нижний (по схеме) операционный усилитель микросхемы *DA1*. При емкости конденсатора *C1*, равной 330 пФ, и катушке *L1*, изготовленной по приведенным ниже данным, колебательный контур магнитной антенны настроен на частоту 549 кГц, т. е. на несущую частоту радиостанции «Маяк». Для перестройки приемника по диапазону конденсатор постоянной емкости можно заменить конденсатором переменной емкости.

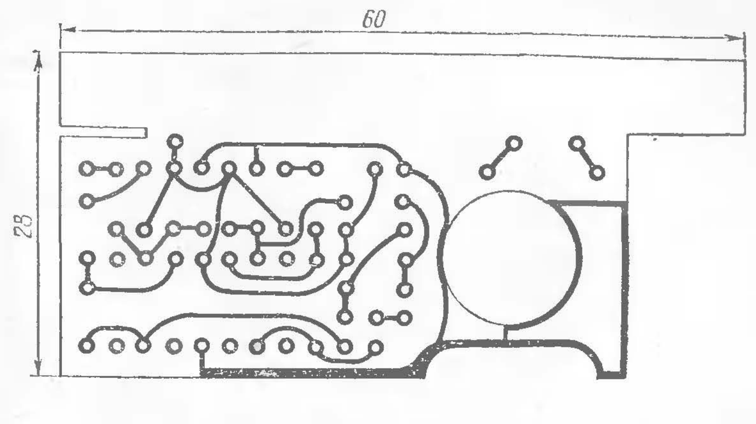
С вывода *13* микросхемы усиленный сигнал радиочастоты подается через конденсатор *C6* на детектор, собранный на диодах *VD1* и *VD2*, включенных по схеме удвоения выходного напряжения. Нагрузкой детектора по постоянному току служит обратное сопротивление его диодов.

С выхода детектора сигнал звуковой частоты поступает через разделительный конденсатор *C2* на вход усилителя звуковой частоты, собранного на втором операционном усилителе микросхемы. К его выходу (вывод *9* микросхемы) через конденсатор *C8* и гнездо *XS1* подключают малогабаритный телефон ТМ-2А. При желании в приемник можно встроить регулятор громкости, подключив крайние выводы переменного резистора сопротивлением 22...47 кОм параллельно конденсатору *C7*, а средний вывод резистора — к конденсатору *C2*. Регулирование громкости в описываемом варианте приемника осуществляется ориентированием магнитной антенны на принимаемую радиостанцию.

Для магнитной антенны использован круглый стержень диаметром 8 и длиной 55 мм из феррита марки 400НН. Контурная катушка *L1* содержит 80 витков провода ЛЭШО 10×0,07, катушка связи *L2* — 15 витков провода ПЭЛШО 0,12. Конденсаторы *C1* — *C7*, использованные в приемнике, КМ-5, конденсатор *C8* — К50-6. Постоянные резисторы — МЛТ-0,125.

Приемник питается от двух последовательно соединенных аккумуляторов Д-0,025. Для зарядки аккумуляторной батареи без извлечения ее из приемника предусмотрено гнездо *XS2*.

Включение приемника происходит при установке штекера телефона в гнездо *XS1*. Возможны, разумеется,



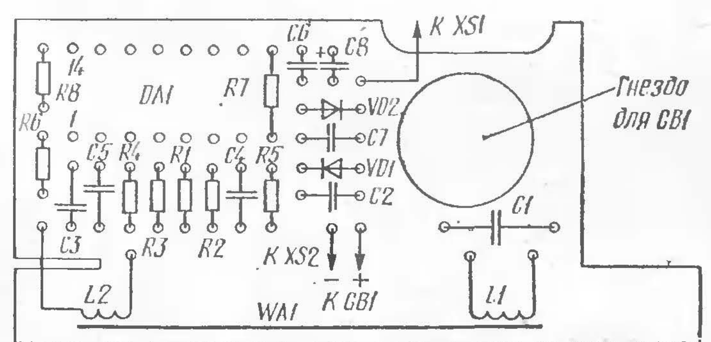
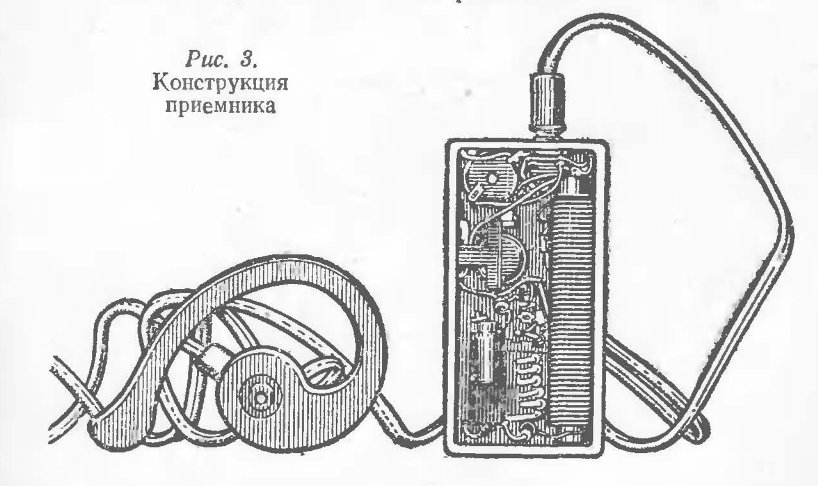


Рис. 2. Печатная плата и схема размещения деталей на ней

Рис. 3. Конструкция приемника



и другие варианты совмещения выключателя приемника и телефонного гнезда.

Бо́льшая часть деталей приемника смонтирована на печатной плате размерами 60×28 мм (рис. 2). Контактные площадки установки радиоэлементов расположены в узлах координатной сетки с шагом 2,5 мм. Плата размещена в пластмассовом корпусе размерами 63×32× × 15 мм (рис. 3) (на плате поменять полярность *VD1*).

Безошибочно смонтированный приемник налаживания не требует. Подбором конденсатора *C1* колебательный контур магнитной антенны следует настроить на частоту выбранной радиовещательной станции.

Литература

Мазуров С. Миниатюрный приемник на операционном усилителе.— Радио, 1979, № 7, с. 51.
Шульгин Г. Радиоприемник с рамочной антенной.— Радио, 1981, № 12, с. 49.
Приемник прямого усиления...— Радио, 1982, № 3, с. 50—52.
Приемник прямого усиления...— Радио, 1982, № 6, с. 51—53.

СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ ЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ

С. Филин

Конструирование усилителей звуковой частоты — одно из наиболее популярных направлений творчества радиолюбителей-конструкторов. Однако следует заметить, что в широкой розничной торговле и на базах Посылторга многие из крайне необходимых перспективных радиодеталей — кремниевые транзисторы и интегральные микросхемы (ИМС) — отсутствуют, да и цены на них все еще сравнительно высоки. К тому же использование при конструировании усилителей ЗЧ ИМС хотя, с одной стороны, облегчает конструирование радиоаппаратуры, ее настройку и ремонт, с другой — приводит к заметному ухудшению познания процессов, происходящих при настройке и регулировке усилителей ЗЧ. Выход из этого положения — продолжать конструирование усилителей ЗЧ по модульному принципу из дискретных элементов с последующей их модернизацией, т. е. внедрением в конструктивно-сменные модули ИМС.

По мнению автора, на сегодняшний день использование в усилителях ЗЧ германиевых транзисторов неперспективно. Однако они, как правило, еще имеются с избытком у широкого круга радиолюбителей города и села, в магазинах, торговых базах и т. д. К тому же цены на них за последнее время значительно снижены. Но даже при использовании только германиевых транзисторов может быть построен усилитель ЗЧ с достаточно высокими характеристиками. Именно такой усилитель и предлагается читателям. Более чем за пять лет эксплуатации он претерпел две модернизации, однако схемное построение усилителя мощности оставалось неизменным.

Усилитель колебаний звуковой частоты, принципиальная электрическая схема которого приведена на рис. 1, рассчитан на работу от пьезокерамического звукоснимателя, линейного выхода магнитофона, тюнера, радиотрансляционной линии и других источников сигнала звуковой частоты. Он выполнен по блочно-модульному принципу, прост в изготовлении и настройке, и в нем используются обычные широкодоступные детали, приобретение которых не вызывает трудностей. Однако, несмотря на это, параметры усилителя достаточно высоки:

номинальная выходная мощность усилителя на нагрузке сопротивлением 4 Ом составляет 20 Вт, на нагрузке 8 Ом — 10 Вт; максимальная выходная мощность — соответственно 25 и 12 Вт. Диапазон рабочих частот 40...18 000 Гц при неравномерности частотной характеристики не более ±2,0 дБ и 20...20 000 Гц при неравномерности частотной характеристики не более ±3,0 дБ; чувствительность со входа 200...250 мВ, коэффициент гармоник не превышает 0,5 %. Пределы регулировки тембра по низшим и высшим частотам ±12 дБ.

Для упрощения конструкции усилителя регуляторы уровня громкости усилителя (*R1*) раздельные для каждого канала. Они же осуществляют и функции регулятора стереобаланса.

Усиливаемый сигнал с движка переменного резистора *R1* через разделительный конденсатор *C1* поступает на базу транзистора *VT1*, выполняющего роль предварительного усилителя. Конденсатор *C1* позволяет исключить шорохи и трески при регулировании громкости. Цепь *R3C2* выполняет функцию сглаживающего фильтра по цепи питания предварительного усилителя. Каскад на транзисторе *VT1* через резистор *R2* охвачен отрицательной обратной связью по напряжению, а через резистор

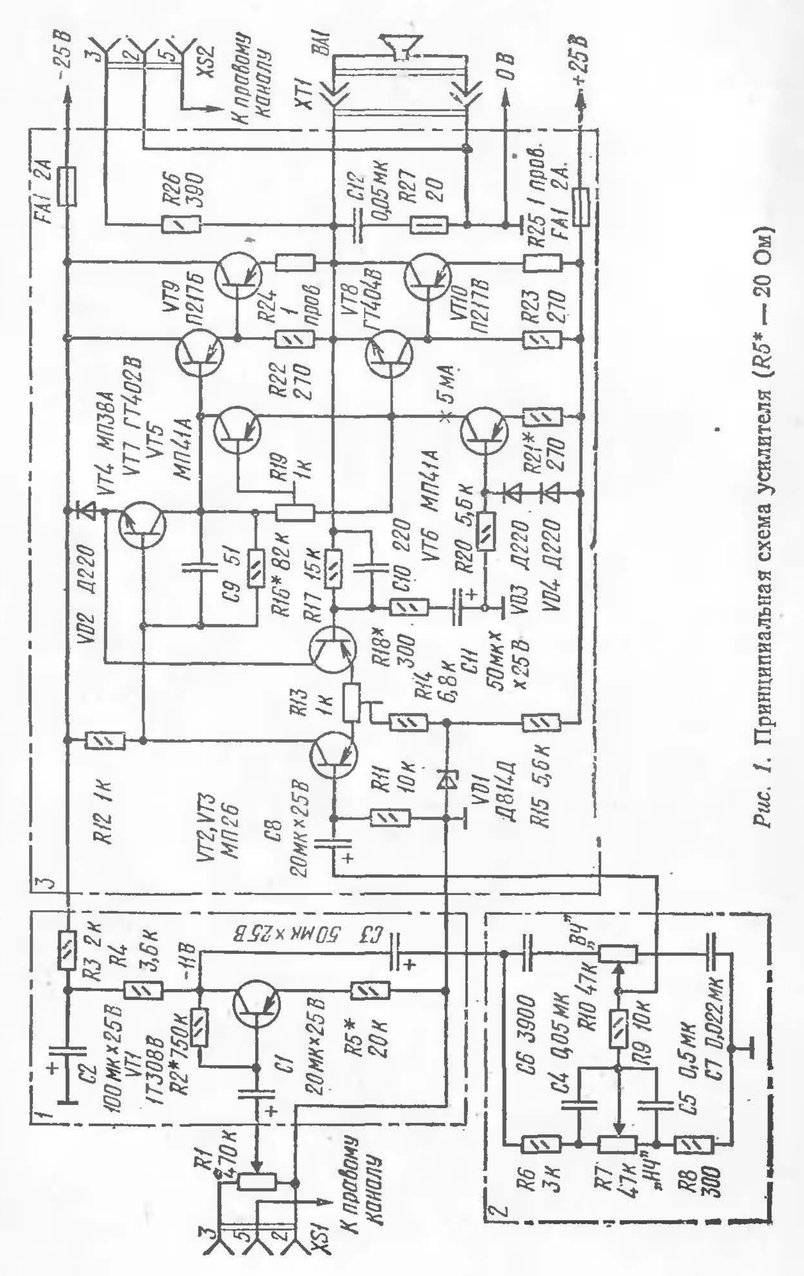


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя ($R5^*$ — 20 Ом)

R5 — отрицательной обратной связью по току, что позволило значительно уменьшить нелинейные искажения, вносимые каскадом.

С нагрузки предварительного усилителя (резистор *R4*) усиливаемый сигнал через конденсатор *C3* поступает на регуляторы тембра по низшим (*R7*) и высшим (*R10*) звуковым частотам. Регуляторы тембра включены по обычной, последовательной, схеме и особенностей не имеют. На частотах 100 Гц и 10 кГц они обеспечивают диапазон коррекции амплитудно-частотной характеристики ±12 дБ. Увеличение этого значения в бытовых устройствах звуковоспроизведения практически нецелесообразно и не нужно.

Усилитель мощности содержит четыре каскада усиления с гальваническими связями между всеми каскадами. Сигнал с регулятора тембра через разделительный конденсатор *C8* поступает на вход первого каскада усилителя мощности, выполненного на транзисторах *VT2*, *VT3*, включенных по дифференциальной схеме. Питание эмиттерных цепей транзисторов стабилизировано стабилитроном *VD1*, что позволяет полнее использовать усилительные свойства дифференциального каскада. Подстроечным резистором *R13* осуществляется компенсация в различии коэффициентов $h_{21э}$ транзисторов *VT2, VT3* и первоначальная установка на выходе усилителя нулевого потенциала.

С нагрузки дифференциального каскада (резистор *R12*) сигнал поступает на базу транзистора *VT4*, выполняющего функции каскада усиления по напряжению. Одной из особенностей каскада является применение местной отрицательной обратной связи по току (через сопротивление *p-n* перехода диода *VD2*). Это позволило уменьшить не только нелинейные искажения, вносимые каскадом, но и его выходное сопротивление, что, в свою очередь, позволило снизить нелинейные искажения в выходном каскаде до пренебрежимо малой величины. Диод *VD2* осуществляет также температурную стабилизацию режима работы каскада на транзисторе *VT4* и дифференциального каскада на транзисторах *VT2*, *VT3*. Второй особенностью каскада усиления напряжения является то, что нагрузкой транзистора *VT4* служит источник тока, собранный на транзисторе *VT6*, диодах *VD3, VD4* и резисторах *R20, R21*. Это позволило получить сигнал на базах транзисторов *VT7, VT8* с макси-

мальной неискаженной амплитудой, близкой к напряжению источника питания. Последнее позволило уменьшить влияние нелинейности входных характеристик и значения тока покоя выходных транзисторов *VT9, VT10*, который устанавливают подстроечным резистором *R19*. Транзистор *VT5* выполняет функции термостабилизирующего элемента и должен быть размещен на одном из радиаторов выходных транзисторов или в непосредственной близости от него.

Фазоинверсный каскад выполнен на квазикомплементарной паре транзисторов *VT7* и *VT8*, выходной — на квазикомплементарной паре *VT9*, *VT10* и резисторах *R24* и *R25* соответственно.

Благодаря принятым мерам удалось ограничиться общей отрицательной обратной связью глубиной всего около 20 дБ, которая осуществляется по цепям *R17C10, R18C11*. Небольшая глубина общей отрицательной обратной связи обеспечивает достаточный запас по устойчивости усилителя и малые динамические искажения.

В усилителе приняты меры для того чтобы ток, потребляемый от источника питания на частотах 20 000 Гц и выше, не превышал тока, потребляемого при частоте входного сигнала 1000 Гц, более чем в 2...2,5 раза, что особенно важно для усилителей ЗЧ, в выходных каскадах которых применены низкочастотные германиевые транзисторы. Для этой цели введена обратная связь через конденсаторы *C9, C10* и нагрузка *BA1* усилителя защунтирована цепочкой *R27C12*.

Резистор *R26* служит для ограничения выходного сигнала при подключении к усилителю (разъем *XS2*) стереофонических головных телефонов.

Питание усилителя осуществляется от двухполярного нестабилизированного источника напряжением ±25 В, принципиальная электрическая схема которого приведена на рис. 2. Емкость каждого из сглаживающих конденсаторов *C13, C14* должна быть одинаковой и в пределах 4000...10 000 мкФ. При отсутствии электролитических конденсаторов указанной емкости можно использовать несколько конденсаторов емкостью 500...1000 мкФ, на номинальное напряжение не менее 25 В, соединив их параллельно.

Усилитель собран на четырех функционально законченных платах-модулях: плата 1 — предварительный усилитель левого и правого каналов; плата 2 — блок

регулировки тембра по низшим и высшим звуковым частотам; плата 3 — двухканальный усилитель мощности; плата 4 — блок питания. Модульная конструкция позволяет производить дальнейшее усовершенствование (модернизацию) усилителя путем замены отдельных модулей без нарушения монтажа и функциональной целостности всего устройства. Так, например, вместо

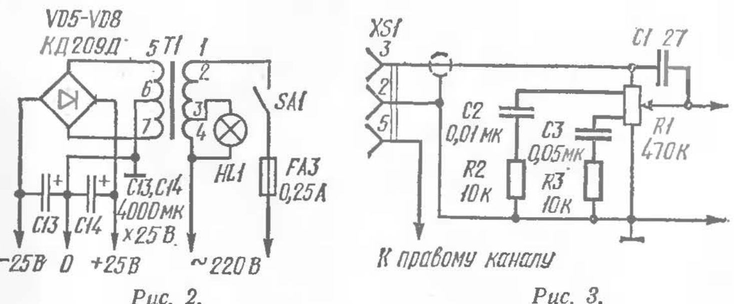


Рис. 2.
Схема блока питания

Рис. 3.
Схема тонкомпенсированного регулятора громкости

простейшего предварительного усилителя (плата 1) можно построить усилитель с входным каскадом на полевых транзисторах или содержащий различные цепи частотной коррекции; вместо регуляторов тембра, собранных по последовательной схеме (плата 2), можно использовать активные или многополосные регуляторы тембра; вместо усилителей мощности (плата 3) — усилители мощности, выполненные на кремниевых транзисторах и т. д.

Ввиду нелинейности чувствительности уха на различных звуковых частотах и уровнях громкости в усилителях звуковой частоты целесообразно использовать тонкомпенсированные регуляторы громкости, для чего переменные резисторы *R1* должны иметь один или два отвода для подключения элементов тонкомпенсации (на рис. 3 выделены утолщенными линиями). Но приобретение переменных резисторов с отводами не всегда доступно, а самостоятельное их изготовление связано с определенными трудностями, поэтому тонкомпенсированный регулятор громкости можно собрать, используя обычные переменные резисторы (без отводов группы «А»). Одним из путей реализации этого решения является использование активного регулятора громкости

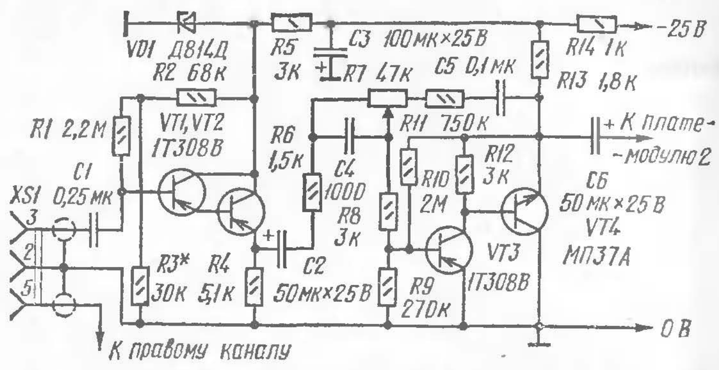


Рис. 4. Схема активного регулятора громкости с тонкомпенсацией

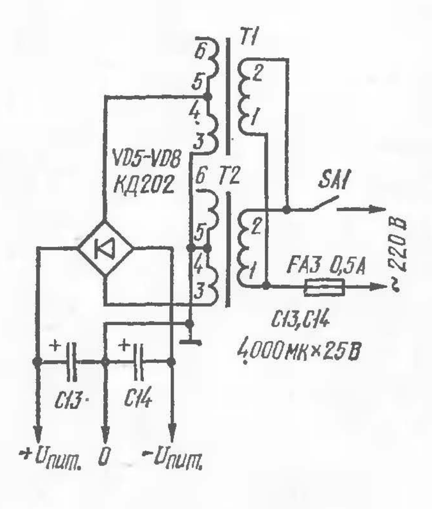
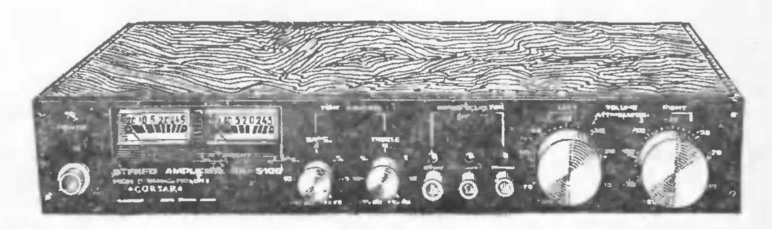


Рис. 5. Схема блока питания с использованием двух трансформаторов ТВК

Рис. 6. Внешний вид усилителя



с тонкомпенсацией, схема которого приведена на рис. 4. Его можно ввести в усилитель либо дополнительно, либо вместо платы-модуля 1. Здесь каскад на транзисторах *VT1, VT2* — составной эмиттерный повторитель, предназначенный для увеличения входного сопротивления усилителя. Непосредственно активный регулятор выполнен на транзисторах *VT3, VT4*. Переменный резистор *R7*, которым регулируют громкость, должен обязательно иметь линейную зависимость сопротивления от угла поворота движка, т. е. быть группы «А».

В усилителе использованы постоянные резисторы МЛТ-0,125, МЛТ-0,25, МЛТ-0,5; подстроечные резисторы *R13, R19* — СПЗ-1А или СПО-0,5; переменные резисторы СПЗ-4В или СПЗ-12В с функциональными характеристиками типа «В» *(R1)* и «А» *(R7, R10)*. Резисторы *R24* и *R25* проволочные, самодельные. Они намотаны на корпусах резисторов МЛТ-1 сопротивлением не менее 100 Ом. Конденсаторы *C10, C11* — КТ1 или КТ2; *C4, C5, C7, C12* — МБМ; *C6* — КД или КМ; электролитические конденсаторы — К50-6, К50-16, К50-12, ЭТО-1 или К53-1.

Вместо указанных на схеме транзисторов и диодов можно использовать: МП39Б, П416Б, ГТ321А *(VT1)*; МП26А, КТ203А, МП40А *(VT2, VT3)*; МП40А *(VT5, VT6)*; МП10, МП11, МП37А *(VT4)*; КТ502В — КТ502Е *(VT7)*; КТ503В — КТ503Е *(VT8)*; Д223Б, Д105 *(VD2, VD3, VD4)*.

Сетевой трансформатор *T1* блока питания готовый, от стереофонического усилителя «Одиссей-001-стерео». Можно также использовать унифицированный трансформатор ТПП304-127/220-50 или любой другой с габаритной мощностью не менее 80...100 Вт (для стереофонического варианта усилителя и имеющий две вторичные обмотки 2×18 В, рассчитанные на ток нагрузки 1,2... 1,5 А).

Если возникают трудности в самостоятельном изготовлении трансформатора или соответствующие трансформаторы отсутствуют в розничной продаже, в качестве сетевого можно использовать два выходных трансформатора кадровой развертки телевизора ТВК-110-ЛМ-К или ТВК-110-Л1 (при соответствующем снижении максимальной выходной мощности усилителя), соединив их по схеме, показанной на рис. 5.

Внешний вид описанного усилителя показан на рис. 6. Его корпус с внешними размерами 400×280×

×60 мм сделан из пластин листового дюралюминия толщиной 5 мм. Из дюралюминия выточены на токарном станке и ручки управления усилителем. Все надписи на лицевой панели выполнены латинским алфавитом (на английском языке), используя для этого так называемый «Моментальный шрифт», который можно приобрести во

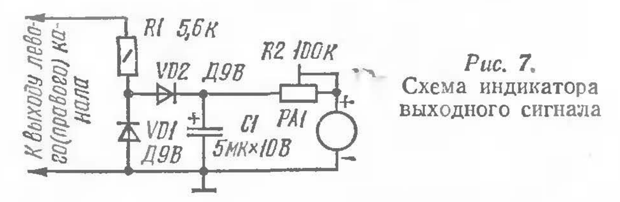


Рис. 7. Схема индикатора выходного сигнала

многих городах страны (см. «300 практических советов» издательства «Московский рабочий», 1982, с. 392, совет 294).

При модернизации в усилитель введены индикаторы уровня выходного сигнала в каждом канале и коммутатор источника входного сигнала. Индикаторы уровня выходного сигнала (рис. 7), в которых используются приборы М476/2, аналогичны применяемым в магнитофоне «Юпитер-201-стерео».

Коммутатор источника входного сигнала с индикацией на светодиодах выполнен по схеме, приведенной на рис. 8. Желательную яркость свечения светодиодов *VD1* — *VD3* устанавливают подстроечным резистором *R1*. Коммутатор позволяет использовать усилитель в составе радиокомплекса, исключает необходимость переключения источника входного сигнала, что создает определенные удобства пользования усилителем.

Налаживание каждого канала усилителя начинают с подключения к выходу эквивалента нагрузки, в качестве которого можно использовать проволочный резистор сопротивлением 4...8 Ом на мощность рассеяния 15...25 Вт. Затем устанавливают нулевой потенциал на выходах каждого из каналов (в левом канале подстроечным резистором *R13*, в правом — резистором *R13'*).

Налаживание предварительного усилителя (плата-модуль 1) сводится к установке на коллекторе транзистора *VT1* подбором резистора *R2* напряжения, указанного на принципиальной схеме.

Далее на вход усилителя подают сигнал звуковой частоты, например с линейного выхода магнитофона, и

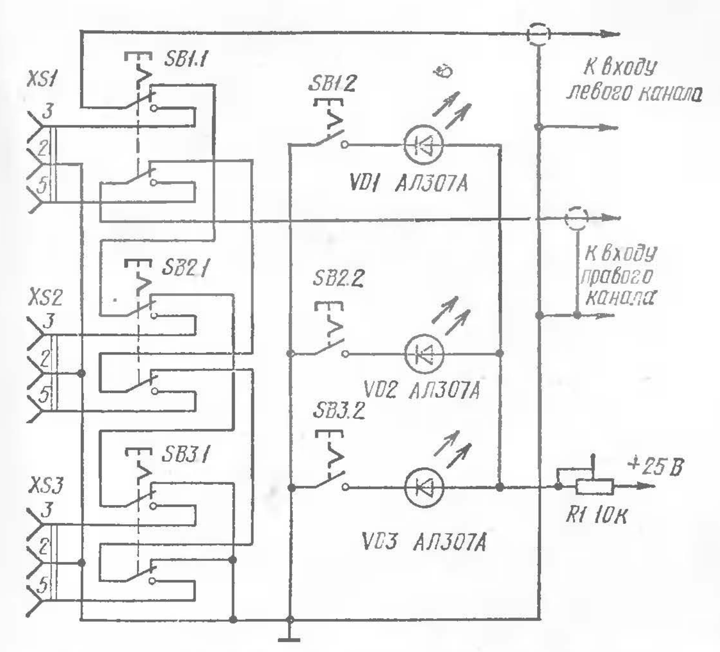


Рис. 8. Схема коммутатора источника входного сигнала

проверяют качественные показатели усилителя на слух. При наличии искажений воспроизводимого сигнала (несимметричное ограничение синусоиды) подбирают резистор *R5*.

Более качественно усилитель можно настроить с помощью осциллографа, генератора сигналов ЗЧ и милливольтметра переменного тока по одной из методик, неоднократно публиковавшихся в массовой радиолюбительской литературе.

РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ

СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА НА ИМС

Б. Успенский

Задача создания стабильного источника питания встает всякий раз, когда необходимо обеспечить независимость параметров электронного устройства от

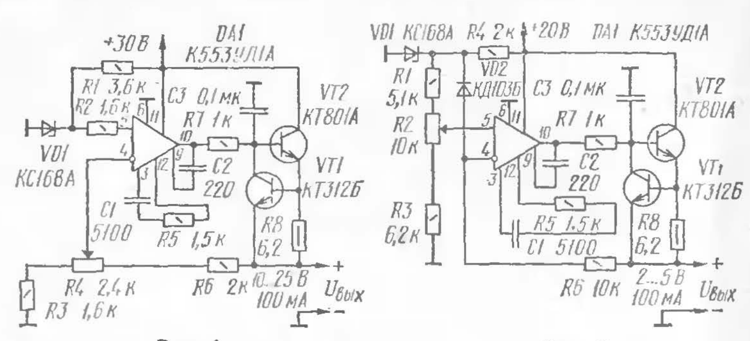


Рис. 1.
Стабилизатор с делителем выходного напряжения

Рис. 2.
Стабилизатор с делителем опорного напряжения

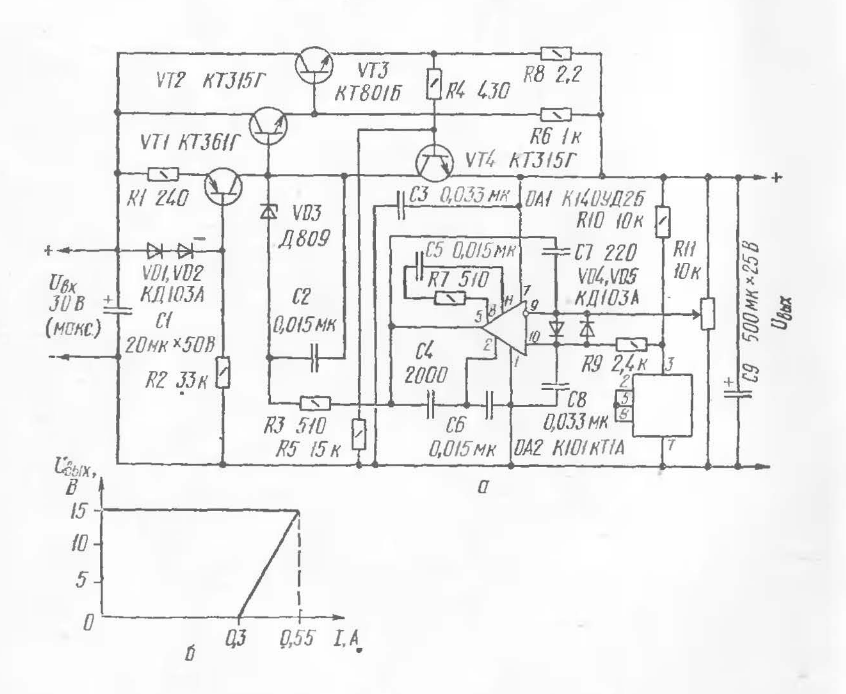


Рис. 3. Улучшенный стабилизатор напряжения:
а — принципиальная схема; *б* — нагрузочная характеристика

изменений питающего напряжения. Современная аппаратура, работающая на цифровых и аналоговых микросхемах, всегда предусматривает наличие стабилизаторов напряжения и тока, как правило, нескольких. С распространением интегральных операционных усилителей (ОУ) появилась возможность решить эту задачу просто и эффективно с точностью регулировки и стабильности в диапазоне 0,01...0,5 %, причем ОУ легко встраивать в традиционные стабилизаторы напряжения и тока.

Простейший стабилизатор напряжения представляет собой усилитель постоянного тока, на вход которого подано постоянное напряжение стабилитрона или часть его. Нагрузочная способность такого стабилизатора определяется силой максимального выходного тока ОУ.

Следящие стабилизаторы, как известно, работают на принципе сравнения опорного и выходного напряжений, усиления их разности и управления электропроводностью регулирующего транзистора.

Стабилизатор по схеме рис. 1 выдает напряжение $U_{вых}$ большее, чем опорное напряжение стабилитрона *VD1*, а стабилизатор по схеме рис. 2 — меньшее. Стабилизаторы питаются от одного источника. С помощью эмиттерного повторителя *VT2* увеличивают ток нагрузки, в нашем примере — до 100 мА, но можно и более с составным повторителем на мощном транзисторе. Транзистор *VT1* защищает выходной транзистор *VT2* от перегрузок по току, причем датчиком тока служит резистор *R8* небольшого сопротивления, включенный в цепь эмиттера транзистора *VT2*. Когда падение напряжения на нем превысит $U_{б-э}=0,6$ В, откроется транзистор *VT1* и зашунтирует эмиттерный переход транзистора *VT2*. При токах нагрузки до 10...15 мА резисторы *R7*, *R8* и транзисторы *VT1*, *VT2* можно не ставить. Отметим, что в стабилизаторах по схемам рис. 1 и 2 входное напряжение не должно превышать максимально допустимой для ОУ суммы напряжений питания.

Если проектируемый источник питания имеет выходное напряжение, не меньшее чем сумма минимально допустимых напряжений питания для имеющегося ОУ, то его лучше включить в стабилизатор таким образом, чтобы усилитель питался стабилизированным напряжением. Схема подобного стабилизатора приведена на рис. 3. Здесь дополнительно включены несколько элементов,

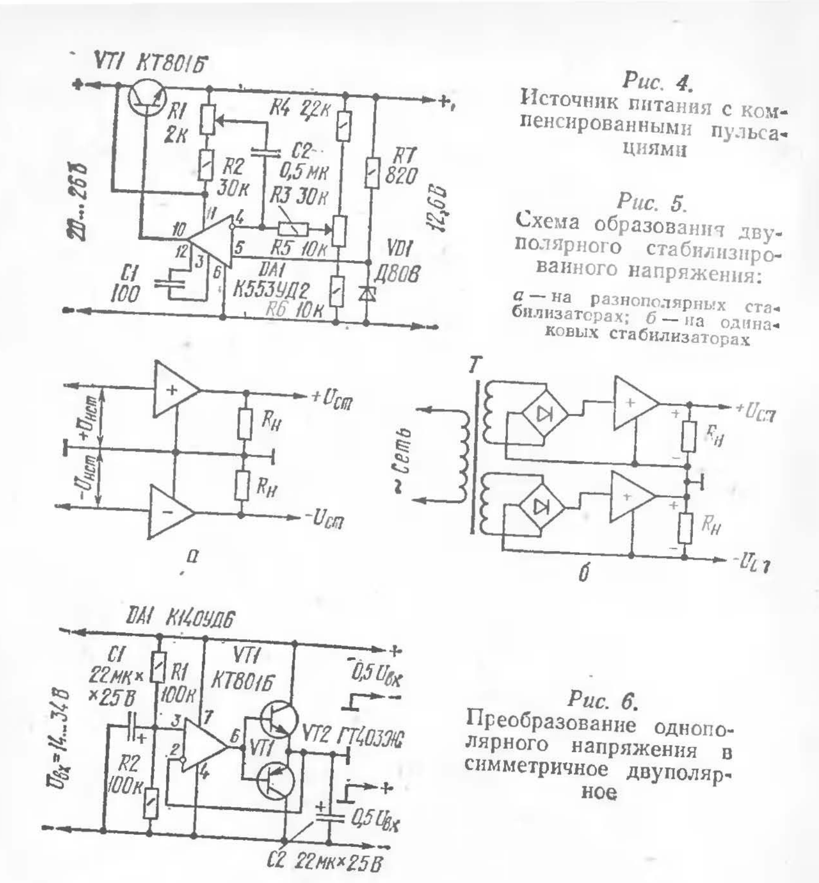


Рис. 4. Источник питания с компенсированными пульсациями

Рис. 5. Схема образования двуполярного стабилизированного напряжения:

а — на разнополярных стабилизаторах; *б* — на одинаковых стабилизаторах

Рис. 6. Преобразование однополярного напряжения в симметричное двуполярное

улучшающих работу стабилизатора напряжения. Потенциал выхода ОУ *DA1* смещен в сторону положительного напряжения с помощью стабилитрона *VD3* и транзистора *VT1*. Выходной эммитерный повторитель — составной (*VT2, VT3*), а к базе защитного транзистора *VT4* подключен делитель *R4R5*, что позволяет создать «падающую» характеристику ограничения тока перегрузки. Ток короткого замыкания не превышает 0,3 А, хотя нормальный рабочий ток составляет 0,5 А. Термокомпенсированный источник опорного напряжения выполнен на микросхеме К101КТ1А (*DA2*). Выходное напряжение стабилизатора, равное +15 В, изменяется всего на 0,0002 % при изменении входного напряжения в пределах 19...30 В; при изменении тока нагрузки от нуля до

номинального выходное напряжение падает лишь на 0,001 %. В этом стабилизаторе подавление пульсаций входного напряжения частотой 100 Гц составляет 120 дБ. К достоинствам стабилизатора следует отнести также и то, что в отсутствии нагрузки потребляемый ток составляет около 10 мА. При скачкообразном изменении тока нагрузки выходное напряжение устанавливается с погрешностью 0,1 % за время не более 5 мкс.

Практически нулевые пульсации напряжения на выходе может обеспечить стабилизатор по схеме рис. 4. Если движок переменного резистора *R1* находится в верхнем (по схеме) положении, амплитуда пульсаций максимальна. По мере перемещения движка вниз амплитуда будет уменьшаться, так как напряжение пульсаций, поданное на инвертирующий вход ОУ через конденсатор *C2*, в противофазе складывается с выходным напряжением пульсаций. Примерно в среднем положении движка резистора *R1* пульсации будут компенсированы.

Стабилизаторы по приведенным выше схемам рассчитаны на положительное выходное напряжение. Чтобы получить отрицательное, надо в качестве повторителя применить *p-n-p* транзистор, а также заземлить положительную шину питания ОУ. Но можно поступить по-другому, если в аппаратуре требуются стабилизированные напряжения разной полярности. На рис. 5 приведены две упрощенные схемы соединения стабилизаторов для получения выходных напряжений разного знака. В первом случае входная и выходная цепи имеют общую шину. Пусть, например, имеются только положительные стабилизаторы. Тогда в стабилизаторе по второй схеме их можно применить, если оба канала по входным цепям гальванически развязаны, чтобы можно было заземлять положительный полюс нижнего (по схеме) стабилизатора. Источником опорного напряжения для одного из каналов служит стабилитрон, а для второго — выходное напряжение первого стабилизатора. Для этого необходимо включить делитель из двух резисторов между выводами $+U_{ст}$ и $-U_{ст}$ стабилизаторов и подвести напряжение средней точки делителя к неинвертирующему входу ОУ второго стабилизатора, заземлив инвертирующий вход ОУ. Тогда выходные напряжения двух стабилизаторов (несимметричные в общем случае) связаны и регулирование напряжений осуществляется одним переменным резистором.

Если для питания устройства используется одна батарея, а необходимы два питающих напряжения с заземленной средней точкой, то можно применить активный делитель на ОУ с повторителями для увеличения нагрузочной способности (рис. 6). Если *R1*=*R2*, то равны и выходные напряжения относительно заземленной средней точки. Через выходные транзисторы *VT1* и *VT2* протекают полные токи нагрузки, а падения напряжения на участках коллектор — эмиттер равны половине входного напряжения. Это надо иметь в виду при выборе радиаторов охлаждения.

Ключевые стабилизаторы напряжения зарекомендовали себя наилучшим образом с точки зрения экономичности, так как КПД таких устройств всегда высокий. Несмотря на их сложность по сравнению с линейными стабилизаторами, только за счет уменьшения размеров теплоотводящего радиатора проходного транзистора ключевой стабилизатор позволяет уменьшить габариты регулируемого мощного источника питания в два-три раза. Недостаток ключевых стабилизаторов заключается в повышенном уровне помех. Однако рациональное конструирование, когда весь блок выполнен в виде экранированного модуля с расположенной непосредственно на теплоотводе мощного транзистора платой управления, позволяет свести помехи к минимуму. Устранить «пролезание» высокочастотных помех в нестабилизированный источник первичного питания и нагрузку можно путем включения последовательно радиочастотных дросселей, рассчитанных на постоянный ток 1...3 А. Имея в виду эти замечания, подготовленный радиолюбитель может браться за создание ключевых стабилизаторов напряжения, в которых с успехом работают интегральные компараторы.

Для примера приведем описание релейного стабилизатора на базе микросхемы К554СА2 (рис. 7). В нем компаратор *DA1* работает от источников напряжением +12 и —6 В. Эта комбинация образована подключением вывода *11* положительного питания *DA1* к эмиттеру транзистора *VT1* (+18 В), вывода *2* — к стабилитрону *VD6* (примерно +6 В), вывода *6* отрицательного питания — к нулевому потенциалу общей шины. Опорное напряжение стабилизатора формируется диодами *VD3* — *VD5*, оно равно +4,5 В. Это напряжение подается на неинвертирующий вход компаратора *DA1*, вклю-

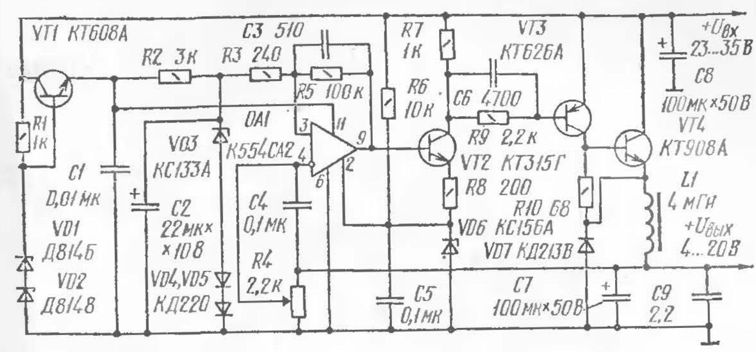


Рис. 7. Релейный стабилизатор с регулированием выходного напряжения

ченного по схеме детектора уровня с гистерезисной характеристикой из-за положительной обратной связи по цепи *R5, R3*. Цепь отрицательной обратной связи замыкается через усилительный транзистор *VT2*, ключевой элемент на транзисторах *VT3, VT4* и фильтр *L1C7*. Глубину отрицательной обратной связи по выходному напряжению регулируют переменным резистором *R4*, в результате оно изменяется в пределах 4...20 В при минимальном входном нестабилизированном напряжении +23 В и максимальном — до +60 В с применением элементов, рассчитанных на такое напряжение. В то же время переменная составляющая выходного напряжения (пульсации) проходит без ослабления через конденсатор *C4*, поэтому регулирование выходного напряжения не приводит к пропорциональному изменению пульсаций.

Данный стабилизатор напряжения относится к числу автогенерирующих, когда в зависимости от входного напряжения и тока нагрузки, разряжающего накопительный конденсатор *C7*, автоматически меняется как период автоколебаний, так и время включенного состояния транзисторов *VT3, VT4*. Усилитель управления на компараторе *DA1* и транзисторе *VT2* открывает ключевой элемент в тот момент, когда потенциал инвертирующего входа станет немного меньше, чем потенциал неинвертирующего (опорного) входа. В этот момент напряжение на нагрузке падает несколько ниже заданного уровня стабилизации, т. е. пульсирует. После включения

транзисторов *VT3*, *VT4* ток через дроссель *L1* нарастает, его индуктивность и конденсатор *C7* запасают энергию, так что потенциал инвертирующего входа повышается. Благодаря действию усилителя управления ключевой элемент закрывается. Затем фильтр *L1C7* отдает некоторую часть запасенной энергии в нагрузку, причем полярность напряжения на дросселе *L1* изменяется и цепь питания замыкается через диод *VD7*. Как только напряжение на конденсаторе *C7* станет ниже опорного на величину гистерезиса, вновь включаются транзисторы *VT3*, *VT4*. Далее циклы повторяются.

Скорость этих процессов определяется номиналами дросселя *L1*, конденсатора *C7* и нагрузкой. Оценку частоты можно произвести по формуле

$$f_о^2 \approx \frac{(U_{вх} - U_{вых})\,U_{вых}}{8L1 \cdot C7 \cdot U_{вх}\Delta U},$$

где ΔU — амплитуда пульсаций выходного напряжения.

Очевидно, что изменение частоты автоколебаний релейного стабилизатора можно значительно уменьшить, если увеличить разность между входным и выходным напряжениями. Частота автоколебаний, когда стабилизатор работает с лучшим КПД, составляет 10...40 кГц.

Особое внимание следует обратить на выбор материала сердечника дросселя и типа демпфирующего диода *VD7*.

Наилучший материал тороидального сердечника без зазора — прессованный порошкообразный пермаллой марок МП160-1, МП140-1, МП140-3. При выборе параметров дросселя следует обеспечить условие непрерывности тока, когда время полной разрядки дросселя через диод *VD7* на конденсатор *C7* и нагрузку больше, чем время закрытого состояния ключевого элемента. Необходимо выполнение следующего неравенства:

$$L1 \geqslant \frac{(U_{вх} - U_{вых})\,U_{вых}}{2I_{нагр}U_{вх}f_о},$$

где $I_{нагр}$ — минимальное значение силы тока нагрузки.

Можно также применить дроссели фильтров промышленного изготовления, например из серий Д8, Д5 — плоские и др., среди которых выбирают типономинал с требуемой индуктивностью, рассчитанной на ток подмагничивания не менее ожидаемого максимального тока

нагрузки и пригодный к использованию на частотах до 50 кГц.

Диод *VD7* должен быть обязательно быстродействующим с большим допустимым импульсным током, не менее удвоенного значения тока нагрузки. В стабилизаторе по схеме на рис. 7, где ток нагрузки 2 А, возможна замена его на диоды КД212Б, КД217А и некоторые другие.

Кроме того, необходимо выбрать высококачественный оксидно-полупроводниковый конденсатор *C7* с двойным запасом по емкости относительно расчетной величины и по номинальному напряжению, желательно из ряда К53 или танталовый типов К52-7А, К52-9, К52-10. Можно применить бумажные конденсаторы, но габариты стабилизатора тогда увеличатся.

Как известно, емкость электролитических конденсаторов с ростом частоты уменьшается, а потери в них возрастают. Ориентировочно для танталовых конденсаторов типа ЭТО емкость на частоте 20 кГц уменьшается в 10 раз, а для оксидно-полупроводниковых — на 30... 40 % по сравнению со значением емкости на частоте 50 Гц. Поэтому и приходится выбирать емкость конденсатора *C7* с запасом, а также ограничивать частоту автоколебаний до 20 кГц. Это — оптимальная величина. Фильтрующие конденсаторы малой емкости объединяют параллельно в батарею, которую дополнительно шунтируют керамическим конденсатором *C9* емкостью не менее 1,5...2,2 мкФ. Если такой возможности нет, можно увеличить ΔU, а к выходу подключить дополнительный фильтр с малым омическим сопротивлением, чтобы на нем не создавать заметного падения напряжения при изменениях тока нагрузки.

Несоблюдение этих рекомендаций обычно приводит к тому, что на низкокачественных дросселе, диоде и конденсаторе фильтра выделяется чрезмерная мощность, падает КПД стабилизатора и возрастают пульсации отфильтрованного напряжения. Разумеется, что транзисторы ключевого элемента также необходимо выбирать высокочастотными и достаточной мощности.

Приведенная на рис. 7 схема релейного стабилизатора может быть дополнительно снабжена устройством защиты от превышения тока нагрузки в режиме короткого замыкания. Амплитуда пульсаций выходного напряжения при определенных условиях может быть умень-

шена путем подключения ключевого элемента к части обмотки дросселя *L1*, а диода *VD7* — ко всей его обмотке. При этом напряжении коллектор — эмиттер транзистора *VT4* становится меньше, а обратное напряжение на диоде *VD7* — больше.

Большая потребность в стабилизаторах для питания аппаратуры привела к тому, что были разработаны и внедрены специальные линейные микросхемы — стабилизаторы напряжения. В интегральном исполнении преобладают последовательные регуляторы с непрерывным или импульсным режимом управления. Стабилизаторы строятся как для положительных, так и для отрицательных напряжений питания. Выходное напряжение может быть регулируемым или фиксированным, например +5 В для питания блоков с цифровыми ТТЛ-микросхемами или ± 15 В для аналоговых микросхем. Микросхемам с большими токами нагрузки необходимы радиаторы охлаждения. Это не вызывает конструктивных трудностей, так как микросхемы размещены в таких же корпусах, как и мощные транзисторы.

Перечень микросхем приведен в таблице.

Из выпускаемых интегральных стабилизаторов наиболее распространены относящиеся к категории регулируемых стабилизаторов КР142ЕН1 и КР142ЕН2. Для этих микросхем с различными буквенными индексами характерны следующие параметры:

коэффициент нестабильности по входному напряжению 0,1...0,5 %

коэффициент нестабильности по току нагрузки 0,2...1 %

В микросхеме стабилизатора КР142ЕН1,2 нашли воплощение те принципы, которые мы рассмотрели на примере стабилизаторов по схемам на рис. 1, 2 и 3. Подключение стабилизатора КР142ЕН1 показано на рис. 8. Опорное напряжение на выводе *5* микросхемы составляет около 2 В, причем делитель напряжения, снимаемого с опорного стабилитрона, введен в состав микросхемы. Благодаря этому при построении стабилизаторов с выходными напряжениями от 3 до 30 В применяют одну и ту же схему включения с внешним делителем выходного напряжения. Дополнительно отметим, что у микросхемы КР142ЕН1,2 имеются свободные выводы не только инвертирующего (вывод *3*), но и неинвертирующего (вывод *4*) входов усилителя, что упрощает стабилизатор огрица-

№ п/п	Функция, выполняемая микросхемой, особенности	Условное обозначение микросхемы	Зарубежный аналог	Тип корпуса
1	Стабилизатор напряжения с регулируемым выходным напряжением $U_{вых}$ = 3...12 В, $I_{вых} \leqslant$ 50 мА	КР142ЕН1 А—Г	μА723С	2102.14-1
2	Стабилизатор напряжения с регулируемым выходным напряжением $U_{вых}$ = 12...30 В, $I_{вых} \leqslant$ 50 мА	КР142ЕН2 А—Г	μА723С	2102.14-1
3	Схема управления ключевого стабилизатора напряжения	К142ЕП1 А, Б	LM300	402.16-7
4	Стабилизатор напряжения с регулируемым выходным напряжением $U_{вых}$ = 3...30 В, $I_{вых} \leqslant$ 1 А	К142ЕН3 А, Б К142ЕН4 А, Б	Без аналога »	4116.8-2 4116.8-2
5	Стабилизатор напряжения с фиксированным выходным напряжением $U_{вых}$ = 5 В (А, В); 6 В (Б, Е) $I_{вых} \leqslant$ 3 А (А, Б); 2 А (В, Г)	К142ЕН5 А—7	Без аналога	4116.4-2
6	Двухполярный стабилизатор напряжения с регулируемым выходным напряжением $U_{вых}$ = ±5... ± 25 В, $I_{вых} \leqslant$ 200 мА	142ЕН6 А, Б	SG1501	4116.8-2
7	Ряд стабилизаторов напряжения с фиксированным выходным напряжением $U_{вых}$ = 9 В (А), 12 В (Б), 15 В (В); $I_{вых} \leqslant$ 1,5 А	142ЕН8А, Б В	SG7808К SG7812К SG7815К	4166.4-2 » »
8	Ряд стабилизаторов напряжения с фиксированым выходным напряжением $U_{вых}$ = 20 В(А),	142ЕН9 А Б В	SG7818К SG7824К LAS1528	4116.4-2 » »

№ п/п	Функции, выполняемая микросхемой, особенности	Условное обозначение микросхемы	Зарубежный аналог	Тип корпуса
	24 В (Б), 27 В (В); $I_{вых} \leqslant 1{,}5$ А			
9	Стабилизатор напряжения с элементами генератора стирания/подмагничивания $U_{вых} = 12$ В, $I_{вых} \leqslant 100$ мА	К157ХП2	—	201.14—1
10	Мощные ИС для преобразователей и стабилизаторов напряжения	286ЕП3,4,5	—	427.6-2
11	Термокомпенсированный источник опорного напряжения	К1009ЕН1	ТАА—550	КТ1

тельного напряжения с этой ИМС. В этом заключается основное отличие микросхемы КР142ЕН1,2 от микросхемы 142ЕН1,2 более раннего выпуска.

Внешний транзистор *VT1* — это эмиттерный повторитель для увеличения тока нагрузки до 1...2 А. Если требуется ток не более 50 мА, то транзистор следует исключить, используя вывод *8* микросхемы вместо эмиттерного вывода транзистора *VT1.*

В составе микросхемы имеется транзистор, защищающий выходной каскад от перегрузки по току. Токоограничительное сопротивление резистора *R4* выбирают из расчета падения напряжения на нем 0,66 В при протекании аварийного тока. Без эмиттерного повторителя *VT1* следует установить резистор *R4* сопротивлением 10 Ом.

Чтобы создать «па́дающую» характеристику ограничения тока перегрузки, подключают делитель *R2R3* и производят расчет по следующим зависимостям:

$$R2 = \alpha R3/(1-\alpha);\quad R4 = U_{бэ}/I_{кз}(1-\alpha);$$

$$\alpha = U_{бэ}(I_{макс}/I_{кз} - 1)/U_{вых}.$$

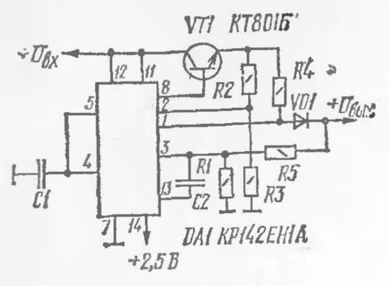


Рис. 8.
Основная схема включения регулятора КР142ЕН1,2

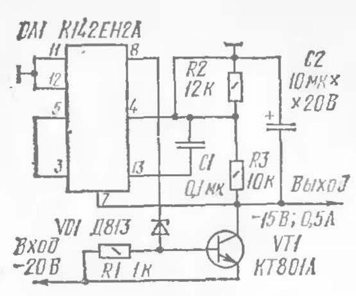


Рис. 9.
Стабилизация отрицательного напряжения

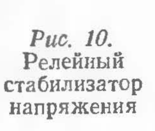
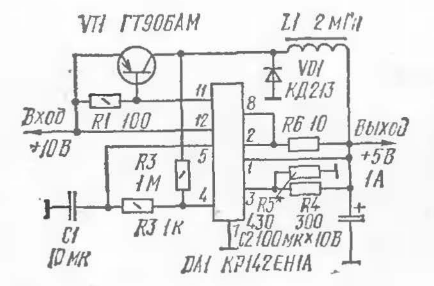


Рис. 10.
Релейный стабилизатор напряжения



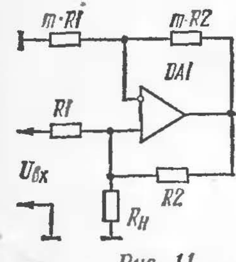


Рис. 11.
Стабилизатор тока на ОУ

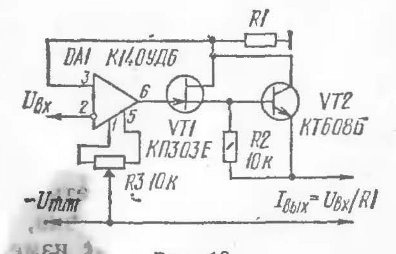


Рис. 12.
Прецизионная схема источника тока; входное напряжение — отрицательное

Пример. $I_{макс} = 0{,}6$ А (задано); $I_{кз} = 0{,}2$ А (выбираем не менее $1/3\ I_{макс}$); $U_{бэ} = 0{,}66$ В; $U_{вых} = 12$ В (задано); $\alpha = 0{,}11$ (по расчету); $R3 = 10$ кОм (типичное значение); $R2 = 1{,}24$ кОм; $R4 = 3{,}7$ Ом.

В микросхеме дополнительно имеется вывод *14* для управления стабилизатором. Если подать на этот вход

единичный ТТЛ-уровень + (2,5...5) В, то выходное напряжение стабилизатора упадет до нуля. Чтобы обратный ток при наличии емкостной нагрузки не разрушил выходной транзистор, установлен диод *VD1*.

Конденсатор *C1* емкостью 3,3...10 мк подавляет шум стабилитрона, однако установка его не является необходимой. Конденсатор *C2* (емкостью до 0,1 мк) — элемент частотной коррекции; допустимо вместо него соединить вывод *13* с «земляным» проводом через последовательную *RC*-цепь 360 Ом (максимум) и 560 пФ (минимум).

На базе микросхем КР142ЕН1,2 (рис. 8) можно создавать стабилизаторы отрицательных напряжений (рис. 9). При этом стабилитрон *VD1* смещает уровень напряжения на выводе *8* относительно входного напряжения. Базовый ток транзистора *VT1* не должен превышать максимально допустимого тока стабилитрона, иначе следует применить составной транзистор.

Широкие возможности микросхем КР142ЕН1,2 позволяют создавать на их основе релейные стабилизаторы напряжения, пример которых дан на рис. 10. В таком стабилизаторе опорное напряжение, как и в стабилизаторе по схеме рис. 8, установлено делителем *R4R5*, а амплитуда пульсаций выходного напряжения на нагрузке задается вспомогательным делителем *R2R3* и равна $\Delta U = U_{вх} \cdot R4/R3$. Частота автоколебаний определяется из тех же соображений, что и для стабилизатора по схеме на рис. 7. Следует лишь иметь в виду, что ток нагрузки не может изменяться в широких пределах, обычно не более чем в два раза от номинального значения. Преимуществом релейных стабилизаторов является высокий КПД.

Необходимо рассмотреть еще один класс стабилизаторов — стабилизаторов тока, преобразующих напряжение в ток независимо от изменения сопротивления нагрузки. Из таких стабилизаторов, позволяющих заземлять нагрузку, отметим стабилизатор по схеме на рис. 11. Ток нагрузки стабилизатора $I_н = U_{вх}/R1$. Интересно, что если напряжение $U_{вх}$ подавать на инвертирующий вход, то изменится только направление тока без изменения его значения.

Более мощные источники тока предусматривают подключение к ОУ усилительных транзисторов. На рис. 12 дана схема источника тока, а на рис. 13 — схема приемника тока. В обоих устройствах сила тока определяется

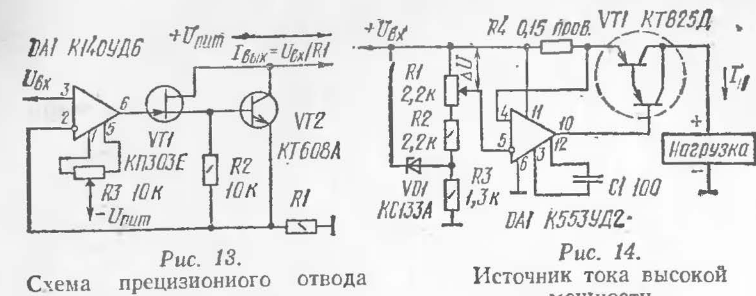


Рис. 13.
Схема прецизионного отвода тока; входное напряжение — положительное

Рис. 14.
Источник тока высокой мощности

расчетом так же, как и в предыдущем варианте стабилизатора. Этот ток тем точнее зависит лишь от напряжения $U_{вх}$ и номинала резистора *R1*, чем меньше входной ток ОУ и чем меньше ток управления первого (после ОУ) транзистора, который выбран поэтому полевым. Ток нагрузки может достигать 100 мА.

Схема простого мощного источника тока для зарядного устройства показана на рис. 14. Здесь *R4* — токоизмерительный проволочный резистор. Номинальное значение тока нагрузки $I_н = \Delta U/R4 = 5$ А устанавливается примерно при среднем положении движка резистора *R1*. При зарядке автомобильной аккумуляторной батареи напряжение $U_{вх} \geqslant 18$ В без учета пульсаций выпрямленного переменного напряжения. В таком устройстве следует применять ОУ с диапазоном входного напряжения вплоть до напряжения положительного питания. Такими возможностями обладают ОУ К553УД2, К153УД2, К153УД6, а также КР140УД18.

Литература

Бокуняев А. А. Релейные стабилизаторы постоянного напряжения.— М.: Энергия, 1978, 88 с.

Рутковски Дж. Интегральные операционные усилители.— М.: Мир, 1978, 323 с.

Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники, т. 1.— М.: Мир, 1986, 598 с.

Спенсер Р. Недорогой источник питания с нулевыми пульсациями.— Электроника, 1973, № 23, с. 62.

Шило В. Л. Линейные интегральные схемы.— М.: Сов. Радио, 1979, 368 с.

РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ФОТОЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА

В. Лемке

Фотоэлектронные (оптоэлектронные) устройства (ФЭУ) широко применяются в устройствах автоматики, телемеханики, оптической связи, фотоизмерительной и другой технике. Исходя из назначения, они должны соответствовать определенным требованиям, например таким: высокая чувствительность, достаточное быстродействие, способность работы в нужной части оптического диапазона и требуемом диапазоне температуры, помехоустойчивость, простота и экономичность устройства и т. д. Выполнение заданных требований достигается соответствующим выбором светочувствительных элементов и фильтров для них, схемы усилительных каскадов исполнительных устройств и т. д.

В качестве светочувствительного элемента в ФЭУ могут быть использованы фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фотоэлементы, фотоумножители, оптроны с открытым оптическим каналом и т. д.

В зависимости от типа используемого светочувствительного элемента в ФЭУ есть свои особенности, которые должны учитываться и для более полного использования возможностей светочувствительного элемента и для более рационального построения устройства.

Обычно в своих конструкциях радиолюбители используют фотодиоды и фоторезисторы.

Ф о т о д и о д — полупроводниковый прибор, являющийся приемником лучистой энергии, которая, воздействуя на фотодиод, переводит его из закрытого состояния в открытое. В зависимости от типа фотодиода максимум спектральной чувствительности может находиться в видимой области или в области инфракрасного излучения. Фотодиоды могут работать и в вентильном режиме, преобразуя световую энергию в ЭДС значением 0,5...0,7 В.

Ф о т о р е з и с т о р ы представляют собой активные полупроводниковые резисторы, чувствительные к световому излучению в широком интервале длин волн, включая ультрафиолетовый и инфракрасный спектры. Для фоторезисторов характерно то, что они обладают высоким сопротивлением в темноте, которое при освещении резко уменьшается. Существует большое разнообразие

ФЭУ, отличительную особенность которых определяет применяемый светочувствительный элемент.

В сравнении по параметрам с фотодиодами фоторезисторы отличаются высоким отношением светового тока к темновому, однако значительно уступают фотодиодам в быстродействии. Рабочее напряжение фотодиодов составляет 10...20 В, а фоторезисторов — 1,3...350 В.

На практике ФЭУ выполняются, как правило, в следующих основных вариантах:

светочувствительный элемент без усилительных элементов в цепи управляющего устройства;

с использованием усилителя постоянного тока (УПТ);

с использованием порогового элемента;

светочувствительный элемент в цепи генератора импульсов;

с модуляцией управляющего луча.

ФЭУ с фоторезистором или фотодиодом в цепи управляющего устройства без использования усилительных элементов отличаются простотой, но имеют низкую чувствительность и поэтому на практике применяются редко, например в устройствах «автостопа», где источник света находится в непосредственной близости от фоторезистора или в автоматах включения и отключения ночного освещения, если в качестве исполнительного устройства применить тринисторы или электромагнитные реле с малым током срабатывания, а также для измерения интенсивности светового излучения при включении микроамперметра последовательно с фоторезистором. Световой ток фотодиода намного меньше светового тока фоторезистора и составляет десятки микроампер, поэтому нецелесообразно его ставить в цепи последовательно с исполнительными устройствами без усилительных элементов.

В ФЭУ с УПТ желательно использовать фоторезисторы, так как при увеличении температуры окружающей среды на 30...40 °С темновой ток фотодиодов увеличивается в несколько раз, что вызывает нестабильность работы ФЭУ.

Из применяемых в настоящее время ФЭУ с УПТ можно выделить три основные группы:

1. Фоторезистор включен между базой транзистора первого каскада УПТ и минусом (для транзистора *p-n-p* структуры) или плюсом (для транзистора *n-p-n* структуры) источника питания.

2. Фоторезистор включен между базой и эмиттером входного транзистора УПТ.

3. Фоторезистор включен в цепь УПТ, выполненного на интегральных микросхемах.

Однокаскадный УПТ на транзисторе, а также УПТ на составном транзисторе, являющийся разновидностью однокаскадного УПТ с более высоким коэффициентом усиления, применяют в ФЭУ первой группы, например в автоматах управления освещением, в измерительных приборах. Для ФЭУ тревожной сигнализации, в устройствах для подсчета и сортировки штучных изделий и т. п. обычно применяются двухкаскадные УПТ. Повышения чувствительности ФЭУ первой группы можно добиться не только подбором по соответствующим параметрам транзисторов (указано ниже), но и путем увеличения напряжения источника питания. Лучше для питания ФЭУ использовать два источника: один с напряжением 5...20 В для питания УПТ, а другой, с более высоким напряжением, для питания фоторезистора. Подбирая напряжение второго источника в пределах 20... 250 В, добиваются наибольшей чувствительности ФЭУ. Практические конструкции ФЭУ с УПТ первой группы приведены в «Радио», 1975, № 3, с. 37 и № 10, с. 64.

ФЭУ, в которых фоторезистор включен между базой и эмиттером транзистора входного каскада УПТ, питаются от источника с меньшим напряжением, чем ФЭУ первой группы. В них не полностью используются возможности фоторезистора, поэтому ФЭУ даже с многокаскадными УПТ по чувствительности уступают ФЭУ с однокаскадными УПТ первой группы. Одно из ФЭУ с УПТ второй группы описано в «Радио», 1980, № 9, с. 38.

Чувствительность ФЭУ с УПТ на транзисторах зависит от статического коэффициента передачи тока ($h_{21Э}$) транзисторов (особенно оконечного) и рабочего тока электромагнитного реле (или других исполнительных элементов). Чем больше коэффициент $h_{21Э}$ транзистора и меньше ток реле, тем выше чувствительность ФЭУ. Транзистор, ко входу которого подключается фоторезистор, должен обладать как можно меньшим обратным током коллектора ($I_{КБО} < 2$ мкА). Лучшие результаты дает применение кремниевых транзисторов.

В радиолюбительской практике используются чаще всего двухкаскадные УПТ на транзисторах, так как построение многокаскадных УПТ связано с усложнением процесса установки режимов работы транзисторов при настройке ФЭУ. Поэтому для дальнейшего повышения чувствительности можно использовать УПТ, выполненные на интегральных микросхемах (ИМС) с высоким коэффициентом усиления. Однако при этом снижается помехозащищенность ФЭУ и использовать его можно при условии неизменности освещенности помещения, в котором установлен фоторезистор.

ФЭУ выполняют на интегральных микросхемах не только для повышения их чувствительности, но и для уменьшения габаритов самих конструкций, повышения экономичности. Кроме того, в автоматических устройствах, выполненных на цифровых ИМС, легче согласовать выход ФЭУ со входом ИМС. Вариант ФЭУ, выполненного на одном элементе 2И-НЕ, описан в «Радио», 1977, № 3, с. 60. По чувствительности оно эквивалентно ФЭУ с однокаскадным УПТ первой группы и ее можно улучшить, если на фоторезистор отдельно подавать бо́льшее напряжение источника питания. Следует учесть, что в данном случае логический элемент выполняет функцию не порогового элемента, а УПТ, поэтому если освещенность светочувствительного элемента резко не изменяется, то и напряжение на выходе элемента может быть в пределах 0,4...2,4 В.

Если в ФЭУ на цифровых ИМС фоторезистор необходимо вынести на несколько метров, то для повышения помехоустойчивости и улучшения согласования с проводной линией связи следует применять логические элементы с открытым коллекторным выходом (например, элементы ИМС К155ЛА7, К155ЛА8) или использовать транзисторный согласующий каскад, который будет повышать и чувствительность ФЭУ.

ФЭУ, в которых в качестве управляющих элементов используются электромагнитные реле, обладают большим гистерезисом, так как ток срабатывания реле больше тока отпускания. Поэтому включение и отключение исполнительных устройств происходит не при одинаковой освещенности фоторезистора. Кроме того, в таких ФЭУ при включении и выключении наблюдается нечеткое срабатывание, проявляющееся в виде «дребезга», особенно в случаях относительно медленного нарастания и убывания среднего уровня освещенности фоторезистора или когда уровень его освещенности имеет

значительные колебания относительно среднего уровня. Чтобы избавиться от этих недостатков, нужно обеспечить не плавное, а резкое (скачкообразное) изменение силы тока, проходящего через обмотку реле, т. е. необходимо использовать для этого УПТ, обладающие пороговым эффектом (например, триггеры с эмиттерной связью).

ФЭУ без пороговых элементов чаще всего используют для фотоизмерительных приборов и в тех устройствах, где необходимо плавное изменение значения регулирующего параметра, пропорционально изменению освещенности светочувствительного элемента.

ФЭУ с использованием порогового элемента получили более широкое распространение.

Иногда для простоты в качестве порогового элемента используют стабилитрон, включая его между выходом УПТ и базой транзистора ключевого каскада, нагрузкой которого служит электромагнитное реле или другое управляющее устройство. При достижении на нагрузочном резисторе УПТ падения напряжения, превышающего напряжение пробоя стабилитрона, он открывается и подает напряжение для управления ключевым каскадом. Однако такие устройства имеют ограниченное применение, так как не для всякого ФЭУ можно подобрать стабилитрон с нужным напряжением пробоя, кроме того, следует учитывать и разброс параметров стабилитронов и невозможность плавного регулирования этого порога без усложнения устройства.

Более широкое распространение в радиолюбительской практике получили ФЭУ с использованием в качестве порогового элемента триггера Шмитта, принцип работы которого подробно рассмотрен в статье В. Крылова и В. Лапшина «Триггер с эмиттерной связью», опубликованной в сборнике «В помощь радиолюбителю», вып. 52. Некоторые ФЭУ с использованием триггера Шмитта описаны в «Радио», 1975, № 6, с. 35 и 1977, № 12, с. 55.

В последнее время в устройствах автоматики все чаще применяют ИМС. При использовании для ФЭУ в качестве порогового элемента триггера Шмитта на транзисторах очень трудно, даже усложняя конструкцию, получить в исходном состоянии выходное напряжение, близкое к нулю. Т. е. на выходе триггера всегда присут-

ствует потенциал, превышающий по значению логический 0.

Для автоматических устройств, выполняемых на ИМС, целесообразно применять ФЭУ с использованием в качестве порогового элемента триггер Шмитта в интегральном исполнении.

На рис. 1 приведена схема ФЭУ, обладающего хорошей чувствительностью. Для согласования высокого

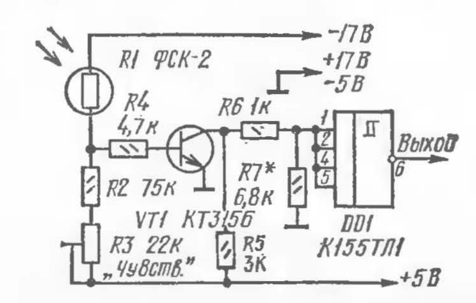


Рис. 1. Принципиальная схема ФЭУ с использованием триггера Шмитта в интегральном исполнении

входного сопротивления фоторезистора *R1* со входом триггера *DD1* и для исключения влияния соединительной линии от вынесенного фоторезистора применен каскад на транзисторе *VT1*, выполняющий функцию УПТ и улучшающий крутизну фронта сигнала с фоторезистора. При затемненном фоторезисторе *R1* на базу транзистора *VT1* подается положительное напряжение около 0,7 В. В это время транзистор открыт, напряжение на его коллекторе (не более 0,8 В) меньше порога срабатывания триггера, поэтому на его выходе присутствует потенциал логической 1. При освещении фоторезистора его сопротивление уменьшается, напряжение на базе транзистора уменьшается до минус 0,8...1,6 В, в результате он закрывается, напряжение на коллекторе возрастает до значения, превышающего порог срабатывания триггера и на его выходе появляется логический 0. Подбором резистора *R7* при затемненном фоторезисторе устанавливают на входе триггера напряжение 0,8 В, а подстроечным резистором *R3* добиваются максимальной чувствительности ФЭУ.

Если нужно чтобы при освещенном фоторезисторе на выходе триггера *DD1* была логическая 1, коллектор транзистора *VT1* следует подключить к выводу «+5 В», его эмиттер — непосредственно к входам триггера, резис-

торы $R5$ и $R6$ исключить совсем, а сопротивления резисторов $R4$ и $R7$ уменьшить соответственно до 820 и 910 Ом. В этом случае с уменьшением уровня освещенности напряжение на базе транзистора увеличивается от нуля до плюс 2 В. Транзистор при этом открывается и напряжение на его эмиттере возрастает от 0,9 до 2 В, превышая порог срабатывания триггера, в результате на выходе триггера появляется потенциал логического 0. Порог срабатывания триггера устанавливают подбором резистора $R7$. Однако сопротивление этого резистора не должно быть меньше 620 Ом, иначе триггер может самовозбудиться.

Напряжение источника питания, равное 22 В (17 + 5) для фоторезистора ФСК-2, можно считать оптимальным для получения максимальной чувствительности.

Существенным недостатком триггеров с эмиттерной связью является наличие гистерезиса, т. е. напряжение отпускания всегда меньше напряжения срабатывания триггера. Величина гистерезиса триггера составляет обычно десятые доли вольта. Меры по уменьшению гистерезиса рассмотрены в статье «Триггеры с эмиттерной связью», помещенной в сборнике «В помощь радиолюбителю», вып. 52, но они, к сожалению, значительно усложняют устройства. В качестве порогового элемента в ФЭУ лучше всего, пожалуй, применять не триггер Шмитта, а электронное реле В. И. Турченкова (принцип работы описан в «Радио», 1974, № 1, с. 37), обладающее рядом преимуществ, в том числе и меньшим гистерезисом и получением возможности хорошего согласования со входами цифровых ИМС. Примером может служить ФЭУ, описанное в «Радио», 1983, № 11, с. 48. Но в таком варианте ФЭУ применены два источника питания и не полностью использованы возможности электронного реле В. И. Турченкова.

Порог срабатывания и отпускания электронного реле В. И. Турченкова зависит от входного тока (от внешнего источника), текущего через коллекторный переход первого транзистора, и номинала резистора в коллекторной цепи этого транзистора. Отсюда следует, что простое ФЭУ на базе электронного реле В. И. Турченкова можно создать без источника входного тока, заменив резистор в коллекторной цепи первого транзистора фоторезистором с большим темновым сопротивлением.

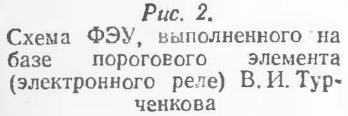


Рис. 2.
Схема ФЭУ, выполненного на базе порогового элемента (электронного реле) В. И. Турченкова

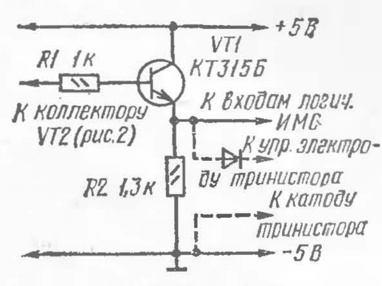


Рис. 3.
Согласующий каскад ФЭУ с входами логических элементов ИМС и тринисторами

На рис. 2 приведена схема практически проверенного и сравнительно простого варианта ФЭУ. Оно представляет собой однокаскадный УПТ на транзисторе $VT1$, включенном по схеме с общей базой. Диод $VD1$ и усилительный каскад на транзисторе $VT2$ (его эмиттерный переход является активной нагрузкой УПТ) выполняют роль цепи обратной связи между коллектором и эмиттером транзистора $VT1$. Изменение порога срабатывания и отпускания достигается подбором резистора $R2$. При настройке его лучше заменить переменным резистором, которым устанавливают при освещенном фоторезисторе $R1$ на выходе ФЭУ напряжение меньше или равное 0,3 В. При освещенном фоторезисторе, когда его сопротивление мало, проходящий через него ток удерживает транзистор $VT2$ в открытом состоянии в режиме насыщения, а выходное напряжение близко к нулю. При затемнении фоторезистора его сопротивление увеличивается, проходящий через него ток уменьшается, а следовательно, уменьшается и положительное напряжение на базе транзистора $VT2$ и ток базы, вызывая уменьшение эмиттерного тока этого транзистора. В результате лавинообразного процесса транзистор $VT2$ закрывается. При этом выходное напряжение резко увеличивается до значения, равного половине напряжения источника питания.

Это ФЭУ имеет очень высокое выходное сопротивление, поэтому для согласования со входами цифровых ИМС и с тринисторными ключами необходимо применять эмиттерный повторитель (рис. 3). В эмиттерную

цепь транзистора вместо резистора $R2$ можно включить электромагнитное реле (например, РЭС-15), увеличив напряжение источника питания этого каскада до 16... 24 В (в зависимости от типа используемого реле).

На практике иногда применяют ФЭУ, в которых светочувствительный элемент включен в цепь положительной обратной связи генератора импульсов. В некоторых вариантах таких ФЭУ изменение уровня освещенности светочувствительного элемента вызывает самовозбуждение или срыв колебаний генератора (см., например, Радио, 1973, № 4, с. 59, 1974, № 10, с. 36). Причем устранение гистерезиса электромагнитного реле в этом случае значительно усложняет ФЭУ, так как оно включает в себя генератор, усилитель импульсов, выпрямитель и ключевой каскад. Поэтому подобные ФЭУ могут найти применение лишь в тех случаях, когда необходима звуковая сигнализация об изменении уровня освещенности. В других вариантах таких ФЭУ изменение уровня освещенности светочувствительного элемента изменяет частоту генерируемых колебаний («Радио», 1973, № 12, с. 40). Подобные ФЭУ можно применять не только в качестве индикаторов инфракрасных, рентгеновских и гамма-лучей, интенсивности освещенности, но и в устройствах автоматической плавной регулировки.

Однако оба варианта таких ФЭУ из-за своей сложности применять не всегда целесообразно, они, кроме того, обладают очень низкой чувствительностью.

Схема более совершенного и к тому же простого ФЭУ для автоматического регулирования освещенности приведена в сборнике «В помощь радиолюбителю», вып. 61. В нем фоторезистор включен в цепь УПТ, который в зависимости от уровня освещенности, увеличивая или уменьшая ток зарядки конденсатора, изменяет частоту колебаний генератора, управляющего тринисторным каскадом для изменения напряжения на нагрузке.

Для устройств дистанционного управления и автоматов с использованием ФЭУ, работающих в режиме направленного излучения (а также в режиме прерывания луча и в режиме локатора), в которых светочувствительный элемент подвергается воздействию солнечного света и других мощных источников светового излучения, необходимо для повышения помехозащищенности применять импульсный (модулированный) световой сигнал в видимой или инфракрасной части спектра оптического диапазона волн.

Источником импульсного видимого светового сигнала может служить лампа накаливания, включенная на выходе несимметричного мультивибратора, а приемником — фоторезистор, включенный в цепь первого каскада усилителя переменного напряжения (см. «Радио», 1977, № 3, с. 49).

Для дистанционного управления и передачи звука на небольшие расстояния все чаще используют инфракрасные волны оптического диапазона (так называемые ИК-лучи).

В устройствах дистанционного управления на ИК-лучах в качестве излучающего элемента применяют светодиод ИК-излучения, которому свойственна меньшая инерционность по сравнению, например, с лампой накаливания. Благодаря этому излучение фотодиода эффективно модулируется по амплитуде прямоугольными импульсами с достаточно высокой частотой следования (около 10 кГц), что обеспечивает высокую чувствительность и стабильность коэффициента усиления приемника. Излучаемый светодиодом импульсный ИК-сигнал принимается фотодиодом ИК-диапазона, продетектированный сигнал звуковой частоты поступает на усилитель переменного напряжения, усиливается и после выпрямления подается на исполнительные устройства.

Описания радиолюбительских ФЭУ на ИК-лучах опубликованы в «Радио» (см. 1978, № 8, с. 18; 1981, № 1, с. 22; 1981, № 3, с. 46; 1982, № 1, с. 25; 1984, № 4, с. 32).

Для получения высокой чувствительности приемника ИК-излучения обычно используют входной каскад на полевом транзисторе. В остальных каскадах усиления целесообразно применять ИМС. Хорошие результаты дает применение операционных усилителей (ОУ) с большим коэффициентом усиления, например К140УД7. Для дальнейшего упрощения приемника ИК-излучения нужно применять ОУ К140УД8А, входные каскады которого выполнены на полевых транзисторах. Работоспособность такого приемника сохраняется даже при понижении напряжения источника питания.

ИЗМЕРЕНИЯ

ЧИСЛОИМПУЛЬСНЫЙ ГЕНЕРАТОР

А. Евсеев

Иногда в устройствах импульсной техники, автоматики, электронных игровых автоматах возникает необходимость получить определенное число импульсов при нажатии соответствующей кнопки.

Принципиальная схема устройства, реализующего такую возможность, приведена на рис. 1. Функционально оно включает в себя генератор импульсов, счетчик и дешифратор. Генератор прямоугольных импульсов собран на логических элементах *DD1.3* и *DD1.4*. Частота следования импульсов около 10 Гц. С выхода генератора импульсы поступают на вход двоично-десятичного счетчика, выполненного на микросхеме *DD2*. Четыре выхода счетчика соединены со входами микросхемы *DD3*, представляющей собой дешифратор на 4 входа и 16 выходов.

При подаче питающего напряжения на правых (по схеме) контактах всех пятнадцати кнопок *SB1 — SB15* будет логический 0, обеспечиваемый наличием низкоомного резистора *R5*. Этот логический уровень подается на вход ждущего мультивибратора, выполненного на элементах *DD1.1*, *DD1.2* и конденсаторе *C1*, гасящем импульсы дребезга контактов кнопок. На выходе ждущего мультивибратора — логический 0, поэтому генератор импульсов не работает. При нажатии одной из кнопок конденсатор *C3* мгновенно заряжается через диод *VD1* до уровня логической 1, в результате чего на выходах *2* и *3* счетчика *DD2* появляется низкий логический уровень, устанавливающий его в рабочее состояние. Одновременно через замкнутый контакт нажатой кнопки логическая 1 подается на вход ждущего мультивибратора, и импульсы генератора поступают на вход счетчика. При этом на выходах дешифратора последовательно появляется логический 0. Как только он появится на выходе, с которым соединен контакт нажатой кнопки, подача импульсов на вход счетчика прекратится. С вывода *11* элемента *DD1.4* будет снято число импульсов, соответствующее номеру нажатой кнопки. Если продолжать удерживать кнопку нажатой, то через некоторое время

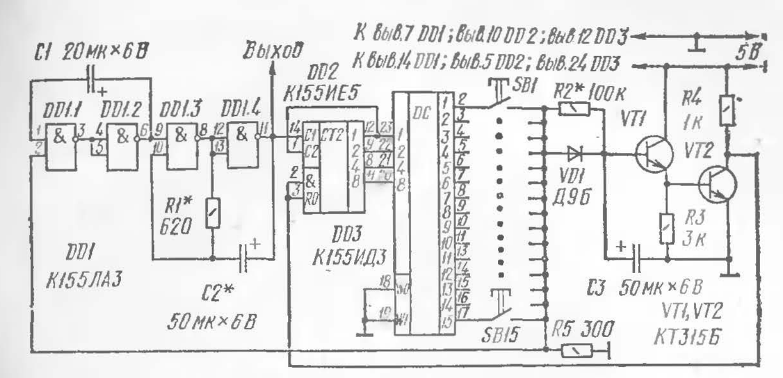


Рис. 1. Принципиальная схема генератора

конденсатор *C3* разрядится через резистор *R2*, счетчик *DD2* установится в нулевое состояние, и генератор выдаст новую серию импульсов. Понятно, что до окончания серии импульсов кнопку нельзя отпускать.

В устройстве использованы резисторы МЛТ-0,25; электролитические конденсаторы — К50-6. Транзисторы *VT1*, *VT2* могут быть серий КТ312, КТ315, КТ201; диод *VD1* — серий Д7, Д9, Д311. Кнопки *SB1 — SB15* — П2К, КМ1-1 и др.

Настройка числоимпульсного генератора заключается в установке подбором резистора *R1* и конденсатора *C2* требуемой частоты следования импульсов генератора, которая может быть в пределах от единиц герц до десятков килогерц. При частоте выше 100 Гц для выдачи полной серии импульсов будет требоваться время не более 0,15 с, поэтому кнопку можно не удерживать пальцем — короткого нажатия ее вполне достаточно для формирования пачки импульсов.

ПРОСТОЙ ИСПЫТАТЕЛЬ МОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Н. Путятин

Испытатель транзисторов средней и большой мощности желательно иметь в измерительной лаборатории радиолюбителя. Особенно он необходим при подборе пар транзисторов для оконечных двухтактных каскадов усилителей звуковой частоты мощностью более 0,25 Вт.

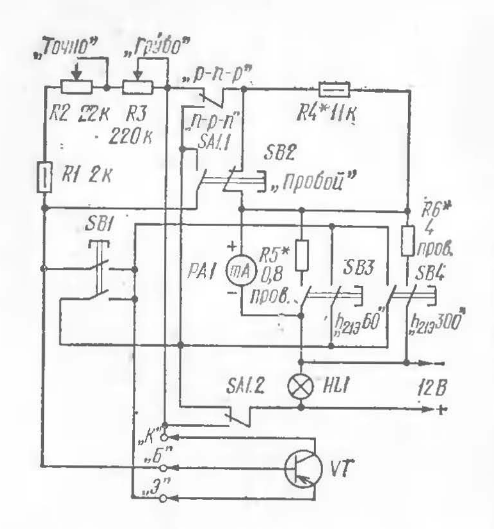


Рис. 1. Схема прибора

Предлагаемым прибором можно испытать на «пробой» коллекторный переход транзистора, измерить статический коэффициент передачи тока $h_{21э}$, проверить стабильность работы транзистора. Испытания проводят при включении транзистора по схеме с общим эмиттером. Индикатором служит миллиамперметр на ток 1 мА. Источником питания служит выпрямитель, обеспечивающий постоянное напряжение 12 В при токе до 300 мА.

Обратный ток коллекторного перехода $I_{КБО}$ не измеряют, поскольку он у разных транзисторов может быть от нескольких микроампер до 12...15 мА и этот параметр практически не влияет на подбор пар транзисторов для работы в усилителе мощности.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 1. Проверяемый транзистор *VT* подключают выводами электродов к соответствующим им зажимам прибора. Переключателем *SA1* устанавливают структуру транзистора. При этом к транзистору подключается источник питания в полярности, соответствующей его структуре. Далее производят проверку транзисторов, соблюдая следующий порядок: проверяют на пробой коллекторный переход; устанавливают ток базы $I_Б$, равный 1 мА; измеряют статический коэффициент передачи тока $h_{21э}$.

Измерения этих параметров транзисторов средней и большой мощности иллюстрируют схемы, показанные на рис. 2.

Коллекторный переход испытывают, нажав кнопку *SB2* «Пробой». При этом в коллекторную цепь проверяемого транзистора *VT* включаются резистор *R4* и миллиамперметр *PA1*, минусовой зажим которого соединен с источником питания, а параллельно коллекторному

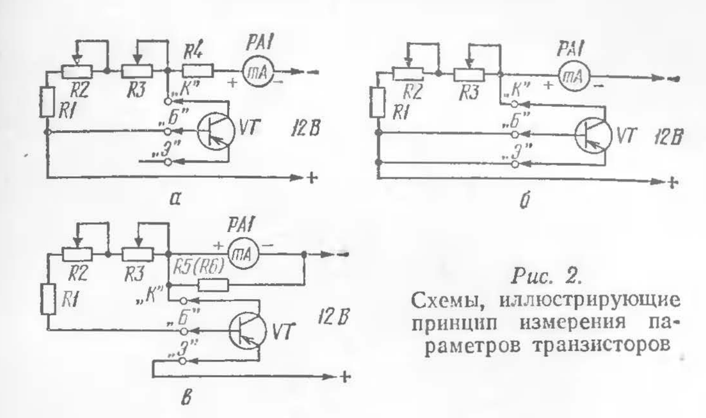


Рис. 2. Схемы, иллюстрирующие принцип измерения параметров транзисторов

переходу подключаются резисторы *R1* — *R3* (рис. 2, *а*). В это время движки переменных резисторов *R2* и *R3* должны быть в правом (по схеме) положении. Сила тока, текущего через цепочку резисторов *R1* — *R3*, не превышает 50 мкА, что практически не влияет на показания миллиамперметра. Резистор *R4* ограничивает ток через миллиамперметр до 1 мА, предотвращая тем самым зашкаливание его стрелки в случае пробоя коллекторного перехода транзистора.

Показания миллиамперметра менее 1 мА свидетельствуют об исправности коллекторного перехода, а при его пробое стрелка миллиамперметра всегда будет устанавливаться на крайнем правом делении шкалы. В случае же обрыва между выводами электродов коллектора и базы прибор будет показывать только ток, проходящий через резисторы *R1* — *R4*.

Ток базы $I_Б$, равный 1 мА, устанавливают резисторами *R3* «Грубо» и *R2* «Точно» при нажатой кнопке *SB2*. При этом через миллиамперметр (рис. 2, *б*) течет незначительный начальный ток коллектора и ток через резисторы *R1* — *R3*, который при измерении коэффициента $h_{21э}$ будет током базы $I_Б$ проверяемого транзистора.

Статический коэффициент передачи тока измеряют нажатием кнопки *SB4* «$h_{21э}$ 300» или, при малом численном значении этого параметра, кнопки *SB3* «$h_{21э}$ 60». При этом контакты кнопки подключают эмиттер транзистора к плюсовому (или минусовому, если транзистор структуры *n-p-n*) проводнику источника питания, а параллельно миллиамперметру — проволочный резистор *R5* (или *R6*), расширяющий предел

измерения (рис. 2, *в*). Коллекторный ток проверяемого транзистора будет приблизительно соответствовать его статическому коэффициенту передачи тока. Погрешность, возникающая из-за упрощения коммутации цепей прибора, не оказывает влияния на подбор пар транзисторов для выходных каскадов мощных усилителей ЗЧ.

При испытании транзисторов структуры *n-p-n* миллиамперметр включается в цепь его эмиттера.

Конструкция прибора произвольная. Резисторы *R1* и *R4* типа МЛТ-0,5, *R2* и *R3* — СП-3. Резисторы *R5* и *R6* изготовляют из провода с высоким удельным сопротивлением диаметром 0,4...0,5 мм. Переключатель *SA1* — тумблер ТП1-2, кнопочные переключатели *SB1* — *SB4* — КМ2-1. Индикатор включения питания *HL1* — коммутаторная лампа КМ24-90 (24 В×90 мА).

Подбором резистора *R4* при замкнутых накоротко зажимах коллектора и базы и нажатой кнопке *SB2* стрелку миллиамперметра возможно точнее устанавливают на крайнее правое деление шкалы.

Для подгонки сопротивлений резисторов *R5* и *R6* потребуются образцовый миллиамперметр на ток 300... 400 мА и переменные проволочные резисторы сопротивлением 51...62 и 240...300 Ом. Соединяют последовательно образцовый миллиамперметр, миллиамперметр испытателя транзисторов, резистор *R5* и переменный резистор на 51...62 Ом. Включив источник питания, переменным резистором устанавливают в цепи ток, равный 300 мА, одновременно следя за тем, чтобы стрелка миллиамперметра прибора не зашкаливала. После этого подгонкой сопротивления резистора *R5* стрелку миллиамперметра прибора устанавливают на крайнее правое деление шкалы. Затем переменный резистор заменяют резистором сопротивлением 240...300 Ом, резистор *R5* — резистором *R6* и таким же способом устанавливают в цепи ток, равный 60 мА, а стрелку миллиамперметра прибора — на крайнюю правую отметку шкалы.

При нажатой кнопке *SB4* отклонение стрелки миллиамперметра испытателя на всю шкалу соответствует статическому коэффициенту передачи тока транзистора 300, при нажатой кнопке *SB3* — 60.

ЦВЕТОМУЗЫКАЛЬНЫЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ГИРЛЯНД

Э. Литке

Переключатель елочных гирлянд, описанный в ВРЛ № 85, можно построить на одной микросхеме К176ЛА7 или К176ЛЕ5, что значительно уменьшит его габариты. Кроме того, небольшие изменения в переключателе позволяют значительно расширить его применение не только в новогодних иллюминациях, но и в инструментальных ансамблях в качестве устройства цветомузыкального сопровождения.

Принципиальная схема такого варианта переключателя приведена на рис. 1. На микросхеме *DD1* собран трехфазный управляемый генератор. Поскольку на всех выходах элементов 2И-НЕ форма импульсов прямоугольная, то формирователь импульсов генератора отсутствует и выходы элементов микросхемы подключены через разделительные конденсаторы *C1* — *C3* к управляющим электродам тринисторов *VS1* — *VS3*. Ток, потребляемый переключателем от сети, не превышает 4 мА.

Управление частотой генератора производится одним переменным резистором *R5*, с движка которого на входы элементов микросхемы подается постоянное напряжение смещения (через диоды *VD4* — *VD6*). Частота генератора при нижнем (по схеме) положении движка резистора *R5*, когда диоды *VD4* — *VD6* закрыты, определяется из выражения

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{3\tau},$$

где τ — постоянная времени, равная *R7C7*.

Если τ вычислено в миллисекундах, то $f = \frac{1000}{3\tau}$ (Гц).

Расчет начинают, задаваясь нижней частотой генератора 40 Гц и емкостью одного из конденсаторов *C7* — *C9*, близкими по номиналу, например 0,115...0,12 мкФ. ТКЕ этих конденсаторов должен быть минимальным, чтобы уменьшился уход частоты от нагрева. Емкость конденсатора *C7* подставляют в формулу и определяют номинал резистора *R7*.

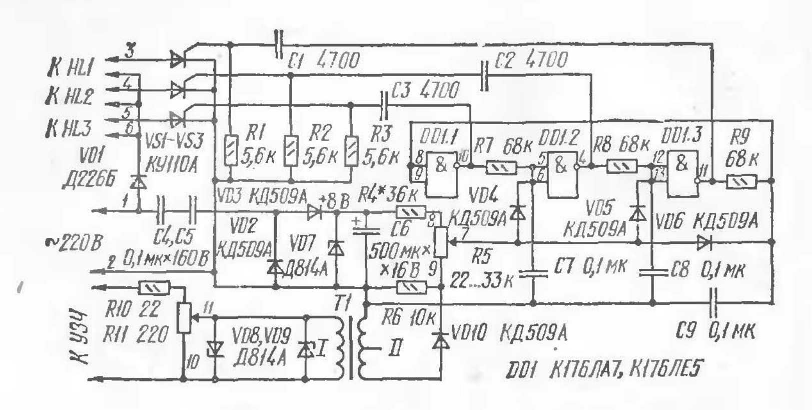


Рис. 1. Принципиальная схема переключателя

Далее, после сборки переключателя и монтажа печатной платы (см. рис. 2, 3 и 5, *б*), устройство включают с одной гирляндой и подбирают номинал резистора *R4* в зависимости от имеющегося переменного резистора *R5* (22...33 кОм) так, чтобы верхний предел частоты генератора был 63...65 Гц. При подборе резистора *R4* и измерении частоты необходимо соблюдать меры предосторожности, так как переключатель не имеет гальванической развязки с питающей электросетью. Для развязки желательно использовать временно небольшой разделительный трансформатор.

Работу генератора проверяют, вращая ось резистора *R5*. Переключение ламп гирлянды в момент совпадения частот сети и генератора должно прекратиться или стать очень медленным вблизи среднего положения движка резистора *R5*. В крайних его положениях лампы гирлянды должны мерцать.

Затем проверяют работу переключателя при включенных трех гирляндах. Гирлянды должны переключаться строго поочередно с небольшим перекрытием по накалу.

Переключатель можно питать и от электросети напряжением 127 В, но тогда число ламп, которое должно быть в каждой гирлянде, следует рассчитать по формуле, приведенной в вышеупомянутой статье (см.: ВРЛ, № 85).

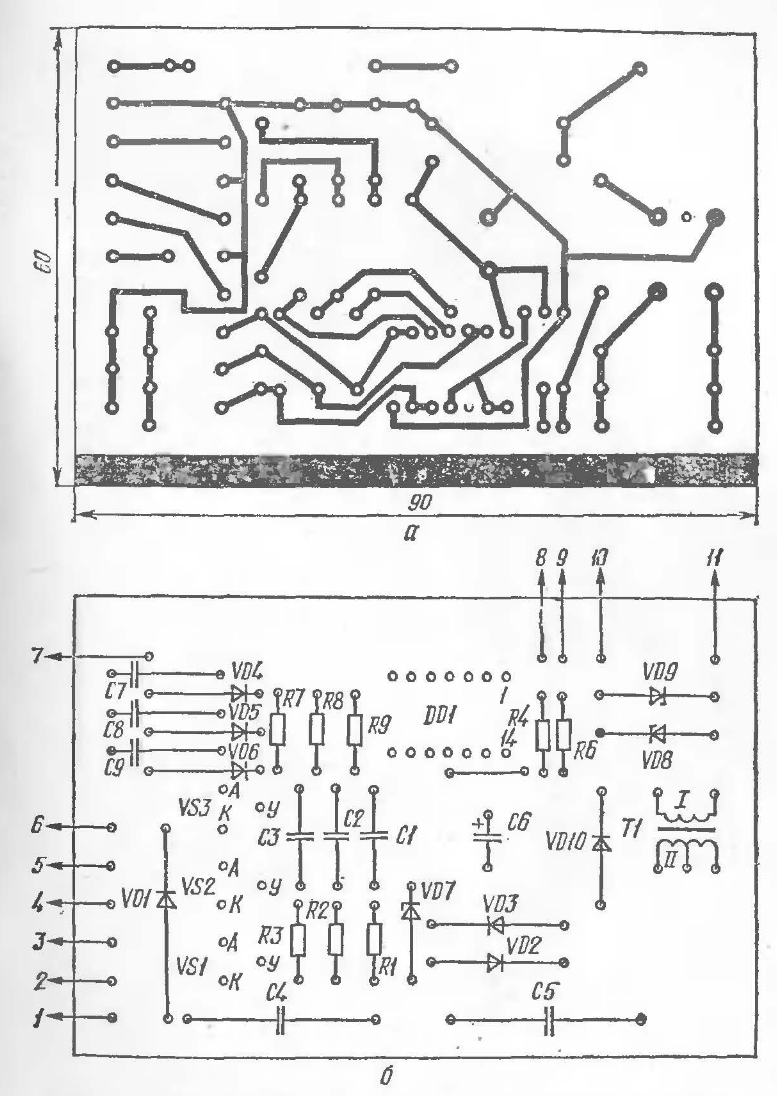


Рис. 2. Печатная плата (*а*) и размещение деталей на ней (*б*)

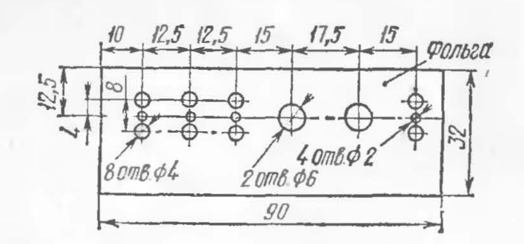


Рис. 3. Разметка лицевой панели переключателя

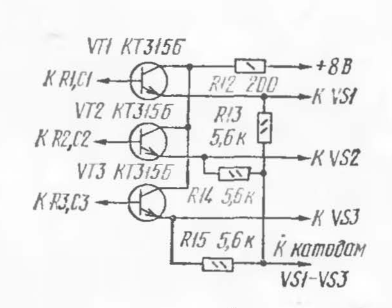
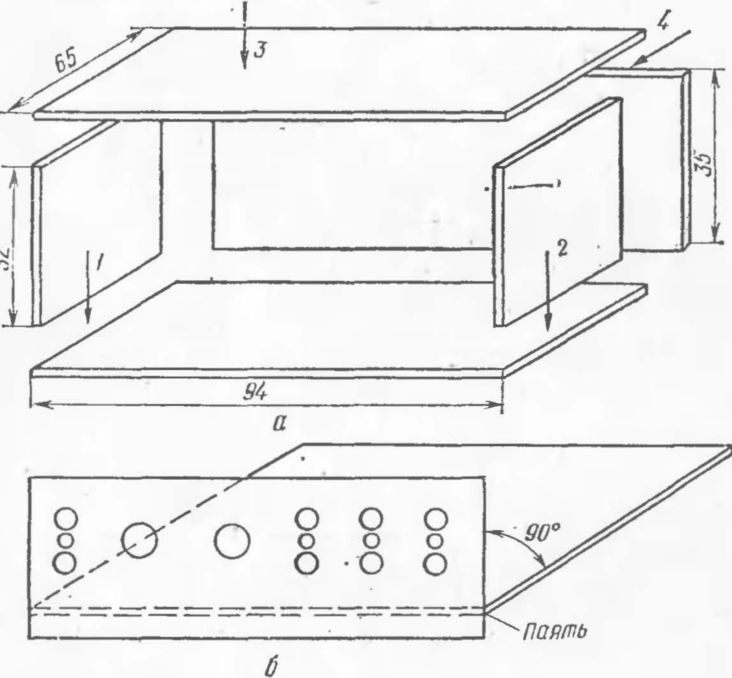


Рис. 4. Эмиттерные повторители для повышения интенсивности свечения ламп

Рис. 5. Детали кожуха (*а*) и сборка панели переключателя (*б*) перед монтажом



Для создания цветомузыкального эффекта, бегущих или вращающихся огней с изменением частоты переключения в такт мелодии, переключатель дополнен разделительным повышающим трансформатором *T1* (рис. 1). Его первичную (низкоомную) обмотку подключают через резисторы *R11* и *R10* к выходу усилителя звуковой частоты или непосредственно к звуковой катушке динамической головки, а вторичную — через диод *VD10* к резистору *R6*.

Напряжение звуковой частоты, повышенное трансформатором до 5...6 В, подается в цепь смещения на входы элементов микросхемы. Управляемый генератор при этом работает как нелинейный преобразователь «напряжение — частота», способный увеличивать частоту генерации в 10 раз.

Переключение гирлянд получается оригинальным и своеобразным благодаря тому, что при малом уровне сигнала частота переключения изменяется сначала медленно, затем с увеличением амплитуды — быстро с небольшой задержкой, определяемой постоянной времени цепочки *R5, C7 — C9*. При большом уровне сигнала звуковой частоты генератор переходит в режим порогового усиления напряжения, и гирлянды начинают загораться с разным накалом в такт звучания мелодии.

Стабилитроны *VD8* и *VD9* защищают трансформатор и микросхему от перегрузки.

Настройку переключателя в цветомузыкальном режиме производят в последнюю очередь. Регулировкой резистора *R5* добиваются самого замедленного переключения гирлянд или полной остановки без подачи звукового сигнала. Включают усилитель на нужную громкость и резистором *R11* подбирают желаемый эффект переключения.

Для повышения интенсивности свечения ламп в освещенном помещении мощность их необходимо значительно увеличить. В этом случае тринисторы КУ110А (*VS1 — VS3*) заменяют на КУ202Н, диод Д226Б (*VD1*) на Д246 — Д248 и переключатель дополняют эмиттерными повторителями (рис. 4).

Тринисторы и диод устанавливают на печатную плату на небольших теплоотводящих П-образных алюми-

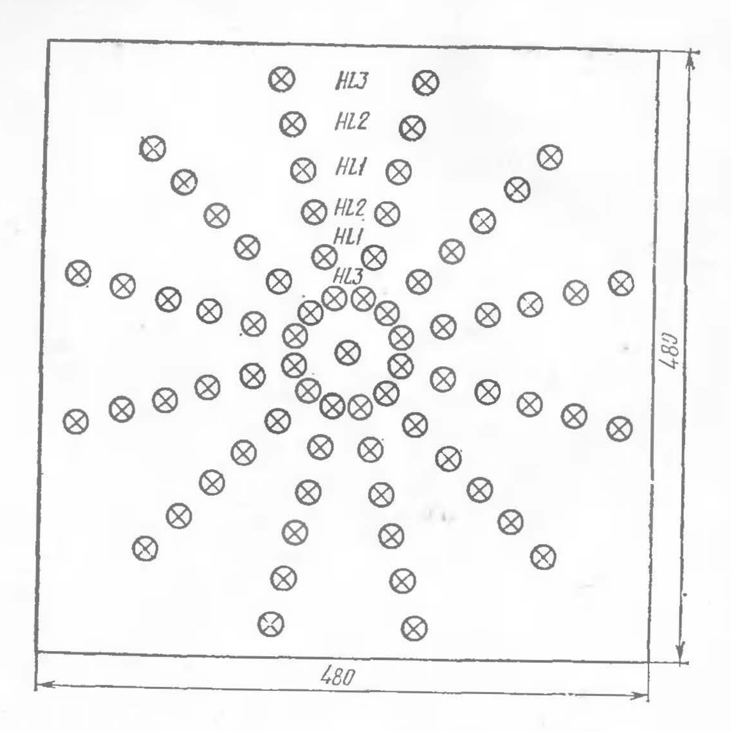


Рис. 6. Схема расположения ламп гирлянд в «Снежинке»

ниевых радиаторах площадью 20...25 см². Естественно, что печатную плату для такого варианта переключателя придется переработать и размеры несколько увеличить.

Лицевую панель (см. рис. 3) изготавливают из одностороннего фольгированного стеклотекстолита. Кожух для переключателя можно изготовить из плотного картона толщиной 1,5 мм (рис. 5, *а*). Сначала размечают и вырезают пять заготовок, затем промазывают места склейки клеем «Момент-1» и дают просохнуть 15 мин. Коробку собирают, последовательно склеивая каждую заготовку (порядок сборки указан на рис 5, *а* цифрами 1—4). Готовый кожух пропитывают бесцветным лаком или окрашивают. Для печатной платы с мощными тринисторами кожух желательно изготовить из более прочного материала, предусмотрев в нем отверстия для вентиляции.

В описываемом переключателе для подключения гирлянд и подачи звукового сигнала использованы контрольные гнезда МГК1 и штекеры МШ1. Для переключателя второго варианта гнезда следует применять с бóльшей контактной поверхностью или использовать разъем. Конденсаторы *С1* — *С3* КЛС, *С7* — *С9* — К10-9 на любое номинальное напряжение, *С4* и *С5* — МБМ, *С6* — К50-6.

Все постоянные резисторы МЛТ-0,125 или МЛТ-0,25. Переменные резисторы *R5* и *R11* СПЗ-9а. Резисторы *R5*, *R10*, *R11* и гнезда МГК1 устанавливают на лицевой панели. Статические коэффициенты передачи тока транзисторов (см. рис. 4) должны быть не менее 100.

Трансформатор *Т1*, использованный в переключателе, от портативного радиоприемника. Его магнитопровод Ш3×6, обмотка *I* (по схеме) содержит 102 витка провода ПЭВ-1 0,23, обмотка *II* — 450+450 витков провода ПЭВ-1 0,09. Но трансформатор может быть самодельным с несколько большим сечением сердечника магнитопровода и коэффициентом трансформации 10 : 1. Обмотки нужно хорошо изолировать друг от друга.

Описанный здесь переключатель (по схеме рис. 1) испытан на новогодней елке с гирляндами, составленными из ламп накаливания 26 В × 0,12 А, а переключатель с мощными тринисторами и дополнительными элементами (см. рис. 4) с лампами 12 В × 5 Вт в цветомузыкальной иллюминации «Снежинка». Схематическое расположение ламп в «Снежинке» показано на рис. 6. Лампы на изолированной термостойкой плоскости объединяют в три группы-гирлянды по 24 штуки в каждой и соединяют последовательно в виде шести концентрических окружностей, чередуемых через две: 1—2—3, 1—2—3 и т. д.

Последовательно с каждой гирляндой включают гасящий резистор сопротивлением 100 Ом типа ПЭВР-20 для подбора оптимального накала нитей ламп. Центральную лампу подключают к гирлянде 3. Такое расположение ламп позволяет получить волнообразное движение светового потока от центра к периферии и наоборот — в зависимости от амплитуды звукового сигнала (подобно волнам, образуемым от брошенного в воду камня). Ко-

лебания волн различны, так как возникают они за счет биений на гармонических составляющих частот сети и трехфазного генератора.

«Снежинку» легко превратить в иллюминацию «Радуга», если лампы, образующие концентрические окружности, окрасить последовательно в цвета радуги, начиная с красного. Один из цветов, например голубой, пропускают.

«Радуга» в укрупненном варианте с лампами 36 В × × 25 Вт была испытана на праздничном концерте и получила положительные отклики. Мощность, потребляемая одной гирляндой (без учета гасящего резистора в ее цепи), составила $P_г = NP_{л1}\sqrt{2} = 24 \cdot 25 \cdot 1{,}41 \approx 840$ (Вт).

Площадь теплоотводящих радиаторов для диода и тринисторов была увеличена до 50 см².

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

КРАТКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОБОЗНАЧЕНИЯ КОНДЕНСАТОРОВ

Приводимые сведения о конденсаторах постоянной емкости позволяют правильно выбрать необходимые типы конденсаторов при разработке или ремонте аппаратуры, а также при замене одного вида конденсаторов на другой.

В таблице приведены основные характеристики конденсаторов, старые и новые сокращенные обозначения и область применения различных типов конденсаторов.

Таблица

Тип конденсаторов по виду диэлектрика	Сокращенное обозначение	Прежнее обозначение конденсаторов	Основные особенности	Основные области применения
Керамические (номинальное напряжение ниже 1600 В)	К10	КМК, КЛГ, КЛС, КМ, КП, КПС, КД, КДУ, КТ, КТБ, КТН, КТП, КО, КДО, КМ-С	Для высокочастотных: малые потери, большой выбор значений ТКЕ Для низкочастотных: большая удельная емкость, резкая зависимость емкости от температуры	Для высокочастотных: термокомпенсация, емкостная связь, фиксированная настройка контура на высокой частоте Для низкочастотных: шунтирующие, блокирующие и фильтрующие цепи, связь между каскадами на низкой частоте
Керамические (номинальное напряжение 1600 В и выше)	К15	КВИ, КВЦ		Емкостная связь, фиксированная настройка мощных высокочастотных контуров, импульсная техника
Стеклянные Стеклокерамические Стеклоэмалевые	К21 К22 К23	СКМ, СКМ-Т	Малые потери, высокое значение сопротивления изоляции, высокая стабильность емкости во времени	Блокировка, фиксированная настройка высокочастотных контуров, емкостная связь, шунтирующие цепи
Слюдяные малой мощности	К31	КСГ, КСО, СГМ, СГВ, СГО-С, ОСГ	Малые потери, низкая удельная емкость, малое из-	Блокировочные и шунтирующие, высокочастотные филь-

Продолжение табл.

Тип конденсаторов по виду диэлектрика	Сокращенное обозначение	Прежнее обозначение конденсаторов	Основные особенности	Основные области применения
Слюдяные большой мощности	К32		менение емкости от температуры и во времени	тровые цепи, емкостная связь, фиксированная настройка контуров
Бумажные с обкладками из фольги (номинальное напряжение ниже 1600 В)	К40	КБП, ОКБП, ОПБТ, КБПС-Ф	Повышенные потери, высокая удельная емкость, значительная индуктивность	Блокировочные, буферные, шунтирующие, фильтровые цепи, емкостная связь
Бумажные с обкладками из фольги (номинальное напряжение 1600 В и выше)	К41		То же	То же
Бумажные с металлизированными обкладками (металлобумажные)	К42	МБГВ, МБГИ, МБГО, МБГТ, МБГЧ, МБМ	Бóльшая, чем у бумажных, удельная емкость, способность самовосстанавливаться при пробое	Цепи развязок и фильтры; для емкостной связи не применяются
Оксидные алюминиевые	К50	КЭ, ЭГЦ, ЭМ	Очень большая удельная емкость, большие потери, значительный ток утечки	Шунтирующие и фильтровые цепи, накопление энергии в импульсных устройствах
Оксидные танталовые фольговые Оксидные танталовые объемнопористые Оксиднополупроводниковые	К51 К52 К53	ЭТ, ЭТН ЭТО КОПП	По сравнению с оксидными алюминиевыми; бóльшая удельная емкость, меньшие потери и ток утечки, увеличенный срок хранения, более широкий интервал рабочей температуры. Лучшие температурно-частотные характеристики	Применяются в тех же цепях, что и оксидные алюминиевые, в основном в транзисторной аппаратуре с повышенными требованиями к параметрам конденсаторов
Вакуумные Газонаполненные	К60 К61	— В, КВ, ВВ, ВМ	Очень малые потери и малая удельная емкость, очень малое изменение емкости во времени	Образцовые емкости, высоковольтные блокировочные, развязывающие, контурные конденсаторы
Полистирольные с обкладками из фольги	К70	ОППТ, ПМ, ПО, МПГ, МПГО, ПОВ	Очень высокое сопротивление изоляции, низкая абсорбция	Точные временные цепи, интегрирующие устройства, настроенные контуры высокой добротности, образцовые емкости
Полистирольные с металлизированными обкладками	К71	—		
Фторопластовые	К72	ФГТИ, ФЧ	Высокая рабочая температура (до 200 °С), очень высокое сопротивление изоляции, низкая абсорбция, очень малые потери и малое изменение емкости от температуры	В тех же цепях, что и полистирольные при повышенной температуре и жестких требованиях к электрическим параметрам

Материал подготовил В. Крыжановский
«Радио», 1984, № 5